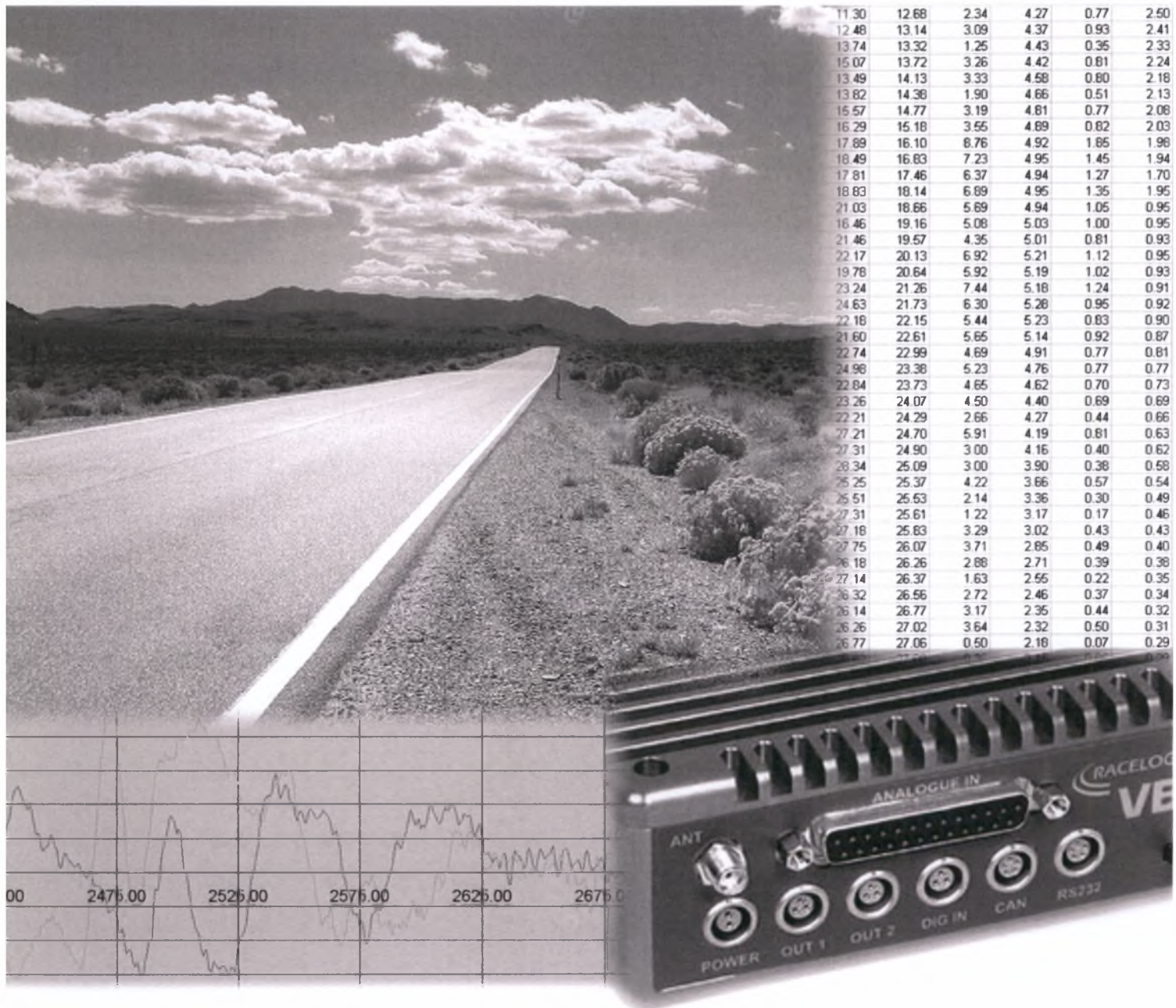


ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΛΗΨΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΟΔΟΥ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΟΔΗΓΟΥΣ



Πανεπιστήμιο
Θεσσαλίας

Αγγέλης Χρήστος
Επιβλέπων Καθηγητής
Ηλίου Νικόλαος



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 7574/1
Ημερ. Εισ.: 04-11-2009
Δωρεά: Συγγραφέας
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΠΜ
2009
ΑΓΓ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
• 1.a Αντικείμενο	4
• 1.b Γενικά	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	6
• 2.a Ορισμός	7
• 2.b Προηγούμενες μελέτες	7
• 2.c Εκπαίδευση των οδηγών	8
• 2.d Έρευνα του υπουργείου συγκοινωνιών της Μ. Βρετανίας	9
• 2.e Έρευνα του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου	10
• 2.f Σύγκριση Ελλήνων – Κυπρίων οδηγών.	13
• 2.g Η αντίληψη κινδύνου κατά τις νυχτερινές ώρες	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ	18
• 3.a Το πείραμα στην επιστημονική μέθοδο	19
• 3.b Μετρητικές διατάξεις: Η τεχνολογία του G.P.S.	20
3.b.i Τι είναι το G.P.S.	20
3.b.ii Πώς λειτουργεί	20
3.b.iii Άλλα αντίστοιχα συστήματα	21
3.b.iv Οι δορυφόροι	21
3.b.v Τα σημεία ελέγχου	23
3.b.vi Ο χρήστης	23
3.b.vii Τα σήματα πλοήγησης	25
3.b.viii Υπολογισμός θέσεως	26
3.b.ix. Ακρίβεια στις μετρήσεις και λόγοι ασφαλείας	28
3.b.x Τεχνικές Βελτίωσης των μετρήσεων	30
3.b.xi Η σχετικότητα	31
3.b.xii Επιλεκτική Διαθεσιμότητα	31
3.b.xiii Ημερομηνία και ώρα	34
3.b.xiv Ο εκσυγχρονισμός	34
3.b.xv Χρήσεις	35
• 3.c Το Αυτοκίνητο	36
3.c.i Η κίνησή του αυτοκινήτου στο χώρο	36
3.c.ii Τα αυτοκίνητα της δοκιμής	41
• 3.d Το VBOX	46
3.d.i Τι είναι το VBOX	46
3.d.ii Το φαινόμενο Doppler	46
3.d.iii Αποφυγή ασφαλείας	49
3.d.iv Πως λειτουργεί το Vbox	53
3.d.v Μετρούμενα Δεδομένα	53
3.d.vi Πρόσθετα συστήματα καταγραφής	54
3.d.vii Ακρίβεια μετρήσεων	62
3.d.viii Αντίστοιχα συστήματα:	64
• 3.e) Το IMU	67
3.e.i) Τι είναι το IMU	67

3.e.ii) Πως λειτουργεί	67
3.e.iii) Ακρίβεια μετρήσεων:	68
3.e.iv) Μετρούμενα δεδομένα	69
3.e.v) Αντίστοιχα συστήματα.....	69
• 3.f Η ΔΙΑΔΡΟΜΗ	71
3.f.i Γενικά.....	71
3.f.ii Τα σημεία που παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον	74
• 3.g Οι οδηγοί.....	82
• 3.h τα δεδομένα	82
3.h.i Η συλλογή των δεδομένων	82
3.h.ii Η δομή των αρχείων VBO	83
Το κάθε αρχείο VBO που καταγράφει το VBOX αποτελείται από το πεδίο της επικεφαλίδας που έχει τις πληροφορίες για την ώρα που δημιουργήθηκε το αρχείο, πληροφορίες για τα δεδομένα που περιέχονται καθώς και τις μονάδες (π.χ. μοίρες ανά δευτερόλεπτο για τα γυροσκόπια).....	83
3.h.iii Δεδομένα από επεξεργασία.	85
3.h.iv Το πρόβλημα της μορφής των δεδομένων.....	87
3.h.v Η ανάλυση των δεδομένων.....	88
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - Παρατηρήσεις και Συμπεράσματα.....	90
• 4.a Σύγκριση συμπεριφοράς έμπειρων και άπειρων οδηγών	91
4.a.i) Καθ' όλη τη διαδρομή (ανεξαρτήτως οχήματος)	91
• 4.b Σύγκριση συμπεριφοράς ανάλογα με το όχημα οδηγών	99
4.b.i) Καθ' όλη τη διαδρομή	99
4.b.ii) Καθ' όλη τη διαδρομή (ανάλογα με την εμπειρία)	108
• 4.c Σύγκριση συμπεριφοράς πρώτης δεύτερης διέλευσης.....	120
4.c.i) Ανεξαρτήτως εμπειρίας οδηγού	120
4.c.ii) Ανάλογα με την εμπειρία του οδηγού	122
• 4.d Συσχέτιση ακτίνας στροφής και πλευρικής επιτάχυνσης.....	125
4.d.i) Βάση εμπειρίας οδηγού	125
4.d.ii) Βάση οχήματος.	126

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.a Αντικείμενο

Το αντικείμενο της έρευνας είναι να δείξει τις διαφορές στην οδήγηση και κυρίως στην αντίληψη κινδύνου έμπειρων και άπειρων (περιστασιακών) οδηγών χρησιμοποιώντας νέες τεχνολογίες καταγραφής της οδικής συμπεριφοράς και των αντιδράσεων των οδηγών ώστε να εξαχθούν μετρήσιμες ποσότητες χρήσιμες για περαιτέρω στατιστική επεξεργασία.

1.b Γενικά

Η πιθανότητα ατυχήματος μπορεί να επηρεασθεί από πολλούς παράγοντες όπως η ικανότητα του οδηγού, η συμπεριφορά του, η διάθεσή του η ικανότητά του και η αντίληψή του (Grayson and Noordzij, 1990). Ψυχολογικές μελέτες έχουν συμβάλει κατά καιρούς στην απόκτηση γνώσης γύρω από την οδική ασφάλεια αν και ο Knapper και Cropely (1981) έχουν δείξει ότι δεν μπορούμε να περιμένουμε περαιτέρω βελτίωση της οδικής ασφάλειας με εκτεταμένες ψυχολογικές μελέτες. Σαν ποιο πρακτική διαδικασία προτείνεται η συσχέτιση του ατυχήματος με τις σύνθετες ικανότητες του κάθε οδηγού (McKenna et al. 1986). Ο Maycock, Lockwood και Lester (1991) πρόσθεσαν βαρύτητα στην πρόταση αυτή φτάνοντας στο συμπέρασμα ότι μπορούμε να αυξήσουμε την οδική ασφάλεια με το να βοηθήσουμε τους νέους οδηγούς να αποκτήσουν τις συγκεκριμένες ικανότητες, δηλαδή υπό αυτή την προσέγγιση είναι ζήτημα εκπαίδευσης.

Ο Lester (1991) μετά από ευρεία έρευνα του αντικειμένου κατέληξε στο ότι η υψηλότερης τάξης γνωστική ικανότητα και αντίληψη κινδύνου μαζί με κοινωνικούς παράγοντες και η διάθεση του οδηγού συσχετίζονται με την πιθανότητα ατυχήματος. Περαιτέρω έρευνα πάνω στους πολύπλοκους αυτούς παράγοντες φαίνεται ότι θα μας οδηγήσει σε καλύτερες προοπτικές κατανόησης του τι καθορίζει την οδηγική συμπεριφορά και σε βάθος χρόνου θα οδηγήσει σε βελτιωμένα μέτρα αντιμετώπισης των ατυχημάτων. Έτσι καταλήγουμε στο ότι το σημείο που θα ήταν χρήσιμο αρχικά να εμβαθύνουμε είναι η γνωστική ικανότητα του οδηγού και συγκεκριμένα η αντίληψη κινδύνου.

Σε αυτή την έρευνα θα εστιάσουμε κυρίως σε οδηγούς νεαρής ηλικίας από τη στιγμή που οι νέοι οδηγοί εμπλέκονται σε μεγάλο ποσοστό των ατυχημάτων για τα οποία έχουμε στατιστικά δεδομένα. Σύμφωνα με το υπουργείο συγκοινωνιών της Μεγάλης Βρετανίας το 1993 οι στατιστικές ανά 100000 πληθυσμού (ανά ηλικία) έδειξαν ότι οι ηλικίες της ομάδας 16-19 ετών έχουν διπλάσιες πιθανότητες θανάσιμου τραυματισμού σε σχέση με οποιοδήποτε ηλικιακή ομάδα πάνω από 30 έτη ηλικίας. Ο Maycock, Lockwood και Lester (1991) έδειξαν ότι ο μέσος 17χρονος έχει 50% μεγαλύτερη πιθανότητα ατυχήματος (ανά χιλιόμετρο διανυθείσας απόστασης) από τον 25άρη ο οποίος με τη σειρά του έχει 35% μεγαλύτερη πιθανότητα ατυχήματος από τον 50άρη.

Δεν είναι ξεκάθαρο γιατί ακριβώς έχουμε βελτίωση στα ποσοστά ατυχημάτων καθώς η ηλικία αυξάνει και κυρίως το πώς αυτή η βελτίωση θα μπορούσε να επιταχυνθεί. Αναγκαίο είναι να αναγνωριστούν ποιες είναι αυτές οι ικανότητες που αποκτούνται μέσω εμπειρίας ώστε να έχουμε βελτίωση στους οδηγούς μικρότερης ηλικίας και στη συνέχεια αν ήταν εφικτό να συμβάλλουμε με τα ευρήματα αυτά και σε ποιο σωστή διαδικασία εκπαίδευσης των νέων οδηγών. Η μελέτη της αντίληψης κινδύνου είναι πολλά υποσχόμενη. Η εκάστοτε αντιληπτική ικανότητα υψηλής τάξης μπορεί συμβάλει στην αποφυγή ή όχι των ατυχημάτων (Sabey and Taylor 1980) και τα πειραματικά δεδομένα έχουν δείξει ότι υπάρχει αρκετά μεγάλη συσχέτιση της ικανότητας αντίληψης κινδύνου και της πιθανότητας για συμμετοχή σε ατύχημα (Pelz και Krupat, 1974; Quimby και Watts, 1981). Ο McKenna και Crick (1994) συνέκριναν πολύ έμπειρους, έμπειρους και άπειρους οδηγούς με βάση τον χρόνο αντίληψης του κινδύνου και βρήκαν ότι οι πολύ έμπειροι οδηγοί ανταποκρίθηκαν γρηγορότερα από τους έμπειρους που με τη σειρά τους ανταποκρίθηκαν στον κίνδυνο γρηγορότερα από τους άπειρους οδηγούς. Να σημειωθεί ότι οι έμπειροι από τους πολύ έμπειρους δεν διέφεραν στην ηλικία και ίσως αυτό που έπαιξε ρόλο ήταν η διαφορετική εκπαίδευσή τους. Για να επιβεβαιώσουν την υπόθεση αυτή ο McKenna και Crick (1994) δοκίμασαν την αντίληψη κινδύνου οδηγών που είχαν πάρει μέρος σε μαθήματα της RoSPA (RoSPA: The Royal Society for the Prevention of Accidents) και οδηγών που δεν είχαν πάρει μέρος. Οι οδηγοί που δεν πήραν μέρος στα μαθήματα δεν είχαν καμία διαφορά στους χρόνους αντίληψης κινδύνου ενώ όσοι πήραν μέρος ανταποκρίθηκαν αρκετά ποιο γρήγορα μετά τα μαθήματα. Η αντίληψη κινδύνου είναι στην πράξη η μόνη ικανότητα που μπορεί να διαχωρίσει τους ασφαλείς από τους μη ασφαλείς οδηγούς και η οποία μπορεί να διδαχθεί ως έδειξε το πείραμα. Μέσα σε 4 μόνο ώρες εκπαίδευσης η απόδοση των άπειρων οδηγών έφτασε στα επίπεδα των έμπειρων ενώ αυτοί που δεν πήραν το μέρος δεν είχαν καμία διαφορά πριν και μετά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

2

ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ

↓ 2.a Ορισμός

Ως αντίληψη κινδύνου ορίζουμε την ικανότητα του οδηγού να αναγνωρίζει τις πιθανώς επικίνδυνες καταστάσεις στο δρόμο καθώς αυτές του παρουσιάζονται ή αλλιώς την ικανότητα του να «διαβάσει το δρόμο».

Σαν κίνδυνο ορίζουμε κάθε οδικό περιβάλλον ή συνδυασμό καταστάσεων που εκθέτει τον οδηγό σε αυξημένη πιθανότητα ατυχήματος. Σύμφωνα με αυτό τον ορισμό, ο κίνδυνος που αντιλαμβάνεται ο οδηγός μπορεί στην πραγματικότητα να μην είναι κίνδυνος με την έννοια του ορισμού μιας πιθανώς να μην αντιπροσωπεύει αυξημένη πιθανότητα ατυχήματος. Κατ'αντιστοιχία πραγματικοί κίνδυνοι μπορεί να υπάρχουν και παρόλα αυτά ο οδηγός να μην τους αντιλαμβάνεται ως πιθανή αιτία ατυχήματος.

↓ 2.b Προηγούμενες μελέτες

Οι πρώτες μελέτες γύρω από την αντίληψη κινδύνου έγιναν προς τα τέλη της δεκαετίας του 60 (McPherson and Kenel, 1968, Currie, 1969) και παρότι απλοποιημένες έδειξαν ότι η ικανότητα του οδηγού να αντιλαμβάνεται τον πιθανό κίνδυνο ήταν ένας σημαντικός παράγοντας στην οδήγηση.

Δύο μελέτες με σημαντικές για την συγκεκριμένη έρευνα είναι αυτές των Watts και Quimby (1979) και Hugens και Cole (1986) οι οποίες συμφωνούσαν στο ότι υπάρχει αντιστοιχία μεταξύ των αποτελεσμάτων πραγματικών καταστάσεων και αποτελεσμάτων από λειτουργία εξομοιωτή, αποτελέσματα που συμφωνούν μάλιστα με συντελεστή συσχέτισης 0.78. Η μέτρηση για το πώς αντιλαμβάνεται ο κάθε οδηγός τον κίνδυνο έγινε μετρώντας τη διαφορά στην αγωγιμότητα του δέρματος σε διάφορα σημεία της διαδρομής. Έτσι οι Watts και Quimby κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι ο εξομοιωτής παρέχει αρκετά ρεαλιστικό περιβάλλον για την μελέτη της αντίληψης επικινδυνότητας από τους οδηγούς και την εκπαίδευση αυτών. Παλαιότερα ο Pelz και Krupat (1974) είχαν δείξει αντίστοιχα αποτελέσματα όχι με εξομοιωτή αλλά με μαγνητοσκοπημένες προβολή εντός εργαστηρίου.

Άλλη μελέτη η οποία συνέκρινε την επίδοση ενός οδηγού στον εξομοιωτή και το ιστορικό ατυχημάτων του επίσης δείχνει πως η προσέγγιση της αντίληψης κινδύνου έχει βάση. Ο Pelz και Krupat (1974) έδειξαν ότι οι οδηγοί που είχαν χαμηλά ποσοστά ατυχημάτων είχαν σε γενικές γραμμές καλύτερη επίδοση στον εξομοιωτή και αντιδρούσαν γρηγορότερα στον κίνδυνο σε σχέση με όσους είχαν υψηλότερα ποσοστά ατυχημάτων στο ιστορικό τους. Χρησιμοποιώντας ένα φίλμ με μαγνητοσκοπημένες διάφορες επικίνδυνες καταστάσεις οι Pelz και Krupat βρήκαν ότι μια «ασφαλής» ομάδα οδηγών ανταποκρινόταν γρηγορότερα στην θέα ενός κινδύνου σε σχέση με τις άλλες ομάδες.

Μελέτη του Quimby και Watts (1981) έδειξε ότι παρότι οι νέοι οδηγοί έχουν γρηγορότερους χρόνους αντίδρασης σε απλές επιλογές και αντιδράσεις, παρόλα αυτά χρειαζόντουσαν περισσότερο χρόνο στο ανιχνεύσουν πιθανούς κινδύνους και υπέθεσαν ότι αυτό συμβάλλει στο γεγονός ότι οι νέοι οδηγοί έχουν συχνότερα εμπλοκή σε ατυχήματα. Στη συνέχεια ο McKenna και Crick (1994) με χρήση εξομοιωτή έδειξαν ότι όχι μόνο είναι ικανοί να ξεχωρίσουν τη συμπεριφορά πολύ έμπειρων οδηγών της αστυνομίας και απείρων οδηγών αλλά μπορούσαν να ξεχωρίσουν την συμπεριφορά των πολύ έμπειρων οδηγών της αστυνομίας και έμπειρων οδηγών πράγμα που επαληθεύει την υπόθεση ότι μπορούμε να εξαγάγουμε δεδομένα μέσω εξομοιωτή.

✚ 2.c Εκπαίδευση των οδηγών

Διφορούμενα είναι αποτελέσματα ερευνών που προσπάθησαν να συσχετίσουν την μέθοδο εκπαίδευσης του οδηγού με την οδική του ασφάλεια, όπως του Skelly (1968) που προσπάθησε να συσχετίσει την μέθοδο εκπαίδευσης των οδηγών με τη μέση τιμή των διανυθέντων χιλιομέτρων ανά ατύχημα και δεν μπόρεσε να καταλήξει σε σαφή αποτελέσματα. Έρευνα από τον Lund et al. (1986) απέδειξε ότι παρότι όσοι είχαν πάρει περαιτέρω μαθήματα ασφαλούς οδήγησης είχαν μεγαλύτερες πιθανότητες να περάσουν τις εξετάσεις για την απόκτηση διπλώματος, είχαν μεγαλύτερη πιθανότητα εμπλοκής σε ατύχημα. Έρευνα από τον Lund και Williams (1985) πάνω σε 14 τύπους εκπαίδευσης ασφαλούς οδήγησης έδειξε ότι η δεν υπήρχε μείωση της πιθανότητας εμπλοκής των εκπαιδευόμενων σε ατύχημα. Πολλά προγράμματα εκπαίδευσης οδηγών πέραν της εκπαίδευσης ώστε να μπορέσει ο οδηγός να περάσει τις εξετάσεις παρέχουν και εκπαίδευση ώστε να αναπτυχθεί ικανότητα ασφαλούς οδήγησης. Αυτό όμως αναιρείται από την εμμονή των υποψηφίων για δίπλωμα μόνο στο τμήμα που στοχεύει την επιτυχία στις εξετάσεις.

Έχει προταθεί από τον Gibson (1969) ότι η ασφαλής οδήγηση εμπεριέχει αυτό που ο ίδιος ονομάζει «εκμάθηση αντιληπτικότητας» (perceptual learning) ή της τέχνης του να «διαβάζει» κανείς το δρόμο ώστε να μπορεί να προβλέψει τους πιθανούς κινδύνους και να αντιδράσει σωστά και έγκαιρα. Ο Mourant και Rockwell (1972) μαζί με τον Brown (1982) έφτασαν στο συμπέρασμα ότι οι άπειροι οδηγοί τείνουν να παρατηρούν κυρίως το δρόμο αμέσως μπροστά από το αυτοκίνητο και κατά συνέπεια να έχουν μειωμένη αντίληψη των επικείμενων κινδύνων ποιο μπροστά με αποτέλεσμα να μην μπορούν αρκετές φορές να λάβουν έγκαιρα τα μέτρα τους για την αποφυγή του πιθανού ατυχήματος. Ο Fuller (1984) έγραψε ότι η συγκεκριμένη προσέγγιση του προβλήματος ταιριάζει με τη θεωρία τις αποφυγής κινδύνου στην οποία οι πράξεις επιβραβεύονται μόνο από την αποφυγή κάποιου ατυχήματος. Ο Gibson (1969) έδωσε λιγότερο βάρος την ιδέα της επιβράβευσης υποστηρίζοντας ότι μπορεί οι οδηγοί μεν να μάθουν

τις μεθόδους αποφυγής κινδύνου σε πολύ καλό βαθμό αλλά όχι το να αναγνωρίζουν τα σημάδια του κινδύνου (αντίληψη κινδύνου)

Και οι δύο θεωρίες είναι σημαντικές για την εκπαίδευση των οδηγών γιατί πέραν της επιτυχίας τους στις ανάλογες εξετάσεις οι συμβουλές και αντιδράσεις από πλευράς του εκπαιδευτή σταματούν να υφίστανται και έτσι μόνο τα παρολίγον ατυχήματα μπορούν να δημιουργήσουν αντίληψη κινδύνου. Έτσι δεδομένων όλων των παραπάνω, φτάνουμε στο συμπέρασμα ότι οι οδηγοί μπορούν να διδαχτούν ώστε να αναγνωρίζουν επικίνδυνες καταστάσεις σε ένα στάδιο μετά το πέρας της βασικής εκπαίδευσης.

2.d Έρευνα του υπουργείου συγκοινωνιών της Μ. Βρετανίας.

Διεξήχθη για λογαριασμό του υπουργείου συγκοινωνιών της Μ. Βρετανίας ώστε να διερευνηθεί κατά πόσο η εκπαίδευση αντίληψης κινδύνου μπορεί να βοηθήσει τους οδηγούς να αποκτήσουν την ικανότητα αυτή για την οποία εκπαιδεύονται και κατά πόσο μπορεί στην πράξη να μειώσει τα ποσοστά των τροχαίων ατυχημάτων.

Η έρευνα αυτή εμπεριείχε τέσσερις ομάδες ανθρώπων οι οποίοι είχαν πάρει άδεια οδήγησης το πολύ 3μήνες πριν. Οι ομάδες αυτές ήταν όσο το δυνατόν ποιο ομοιόμορφες από πλευράς ηλικιακών και κοινωνικών κριτηρίων καθώς και ομοιόμορφες στο κατά πόσο επιθετικοί συμπεριφορά εμφάνιζαν οι οδηγοί και όσο αφορά την έκθεσή τους στην οδήγηση. Η κάθε ομάδα αποτελούνταν από περίπου 55 άτομα και οι ομάδες διαφοροποιούνταν στα εξής σημεία:

- ❖ Η πρώτη ομάδα απλά ορίστηκε δεν έλαβε μαθήματα
- ❖ Η δεύτερη ομάδα έλαβε μαθήματα μέσα σε αίθουσα διδασκαλίας
- ❖ Η τρίτη ομάδα έλαβε μαθήματα μέσα σε αίθουσα διδασκαλίας καθώς και μαθήματα στα οποία οι εκπαιδευόμενοι οδηγούσαν
- ❖ Η τέταρτη ομάδα αποτελούμενη από άτομα τα οποία έλαβαν μόνο μαθήματα στα οποία οι εκπαιδευόμενοι οδηγούσαν.

Πολύ λεπτομερής δουλειά έγινε στον τομέα της ομοιομορφίας του δείγματος ώστε να εξαχθούν σωστά αποτελέσματα. Η διαδικασία πήρε πολύ καιρό αλλά οι περαιτέρω τεχνικές λεπτομέρειες δεν θα μας απασχολήσουν οπότε μπορούμε να κοιτάξουμε κατευθείαν τα αποτελέσματα:

Η Τρίτη ομάδα είχε ως αναμενόταν την μεγαλύτερη βελτίωση με πολύ όμως μικρή διαφορά από την τέταρτη. Μικρότερη βελτίωση στην αντίληψη κινδύνου είχε η δεύτερη ομάδα και πολύ μικρή η πρώτη ομάδα. Η μικρή βελτίωση της επίδοσης της πρώτης ομάδας δικαιολογείται γιατί το πείραμα κράτησε πάνω από ένα χρόνο, αρκετός χρόνος για να βελτιωθούν απλά οδηγώντας.

Η πολύ μικρή διαφορά της τέταρτης από την τρίτη ομάδα μας δείχνει το βάρος που είχαν τα μαθήματα μέσα στο αυτοκίνητο σε σχέση με τα μαθήματα με βίντεο στην αίθουσα διδασκαλίας. Έτσι έχουμε έναν ακόμη λόγο να πιστεύουμε ότι στην τρέχουσα εργασία είναι ποιο ουσιώδες να μετρήσουμε την αντίληψη κινδύνου σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης παρά παρατηρώντας τις αντιδράσεις τους καθώς αυτοί παρακολουθούν βιντεοσκοπημένη διαδρομή.

Επίσης 32 άτομα από τα 144 της έρευνας ενεπλάκησαν σε οδικό ατύχημα και παρότι τα ατυχήματα ήταν ομοιόμορφα κατανεμημένα για τις τέσσερις ομάδες (10 για την ομάδα 1, 8 για την ομάδα 2, 6 για την ομάδα 3 και 8 για την ομάδα 4), τα άτομα που ενεπλάκησαν είχαν αρκετά χαμηλότερη επίδοση στα τεστ αντίληψης κινδύνου από τον μέσο όρο,

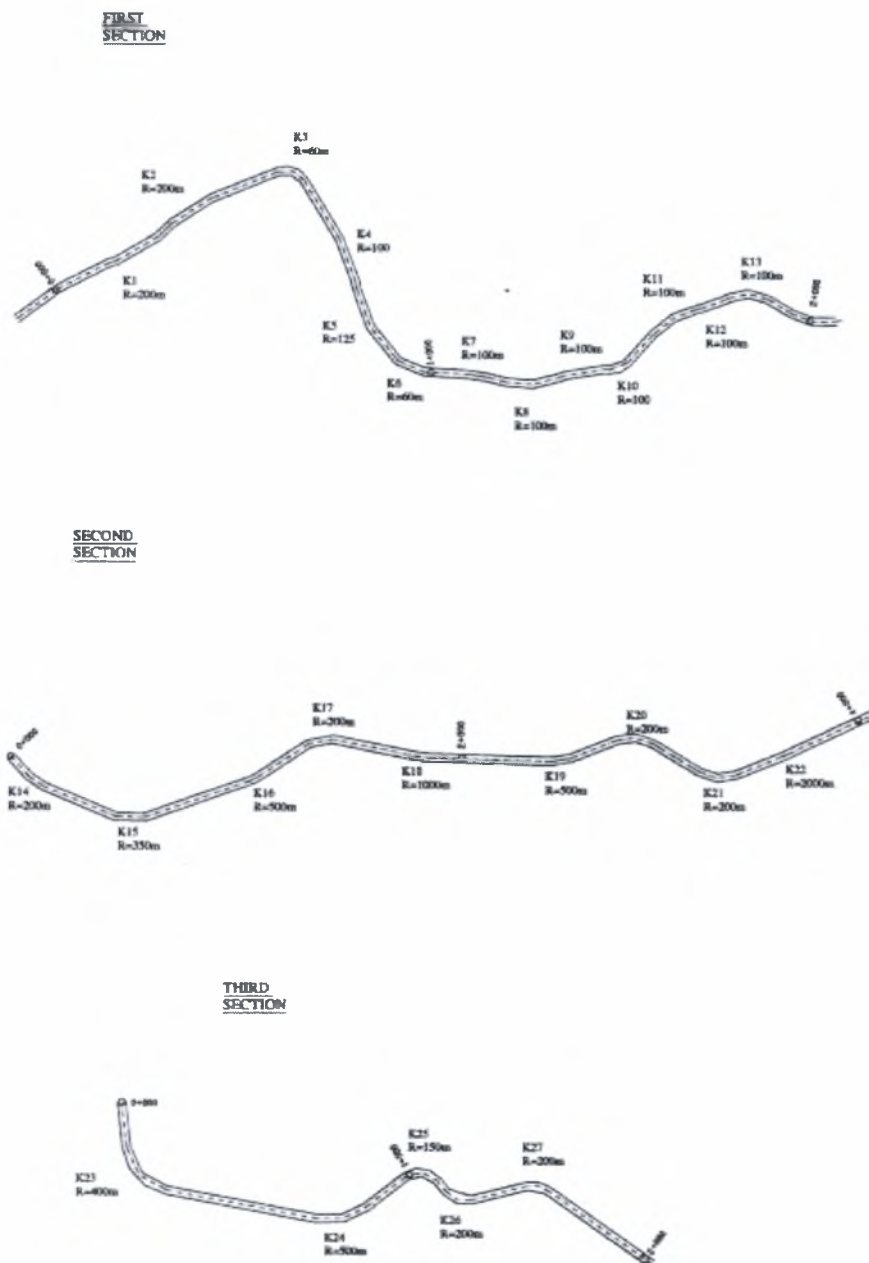
2.e Έρευνα του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου

Στο τμήμα σχεδιασμού μεταφορών και μηχανικών του εθνικού μετσοβίου πολυτεχνείου ο Γιώργος Κανελλαΐδης, ο Αναστάσιος Ζέρβας και ο Βασίλειος Καραγιουλές εργάστηκαν πάνω σε έρευνα σχετικά με την αντίληψη της επικινδυνότητας των γεωμετρικών στοιχείων των οδών. Στη μελέτη αυτή ερευνήθηκε η αντίληψη της επικινδυνότητας τριών οδικών τμημάτων με 136 εθελοντές οδηγούς να λαμβάνουν μέρος στην έρευνα. Οι εθελοντές αξιολόγησαν την επικινδυνότητα των οδικών τμημάτων και των στροφών τους.

Η συλλογή των δεδομένων είχε σκοπό να βοηθήσει να αποτιμήσουμε το πώς οι οδηγοί, υποκειμενικά, αντιλαμβάνονται τον πιθανό κίνδυνο σε οδούς με διάφορα γεωμετρικά χαρακτηριστικά. Η χρήση εξομοιωτή αποκλείσθηκε ως μη ικανή να δώσει τα ζητούμενα δεδομένα. Σειρά τριών πειραμάτων έλαβε χώρα και στο καθένα οι εθελοντές οδηγοί οδήγησαν σε τμήματα οδικού δικτύου αντιπροσωπευτικά των ελληνικών δρόμων και τους ζητήθηκε να αξιολογήσουν την επικινδυνότητα των τμημάτων αυτών καθώς και την επικινδυνότητα συγκεκριμένων σημείων επί αυτών. Επίσης τα οδικά τμήματα αυτά όχι μόνο ήταν αντιπροσωπευτικά του ελληνικού οδικού δικτύου αλλά η πλειοψηφία των ατυχημάτων επί ελληνικού εδάφους συμβαίνει σε δρόμους με παρόμοια χαρακτηριστικά (Hall, 1993; Frantzeskakis & Golias, 1994; Transportation Research Board, 1987). Οι στροφές επιλέχθηκαν έτσι ώστε να υπάρχει μια ευρεία γκάμα από τα παρακάτω χαρακτηριστικά: Ακτίνα στροφής, πλάτος λωρίδας, ορατότητα, επίκλιση και κατά μήκος κλίση.

Οι στροφές που επιλέχθηκαν βρισκόντουσαν σε τρία μη συνεχόμενα τμήματα του δρόμου. Το συνολικό μήκος των τμημάτων ήταν 8 χιλιόμετρα. Το πρώτο τμήμα μήκους 2 χιλιομέτρων το συνέθεταν ένας μεγάλος αριθμός απότομων στροφών με ακτίνα στροφής από 60 έως 200 μέτρα και ήπιες κλίσεις μιας και βρισκόταν σε λοφώδη περιοχή. Το δεύτερο τμήμα μήκους 4 χιλιομέτρων περιείχε ανοιχτότερες στροφές με ακτίνες στροφής που

κυμαινόταν από 200 έως 1000 μέτρα και το τρίτο τμήμα μήκους 2 χιλιομέτρων στο οποίο έλλειπαν οι κατά μήκος κλίσεις και υπήρχε μεγάλη διακύμανση στις ακτίνες στροφών από 150 έως 500 μέτρα.



Εικόνα 2.ε.1: τα τρία τμήματα της έρευνας

Οι οδηγοί έπρεπε να αξιολογήσουν την επικινδυνότητα των σημείων για τα οποία ερωτήθηκαν από μια κλίμακα, από το 1 (πολύ ασφαλές) έως το 5 (πολύ επικίνδυνο). Η κλίμακα ορίστηκε με 5 βαθμίδες γιατί η διεθνής έρευνα έχει δείξει ότι κλίμακες άνω των 5 βαθμίδων παρουσιάζουν

δυσκολία στην κατανόηση. Η ερώτηση αφορούσε το ίδιο το σημείο καθώς και ξεχωριστή αξιολόγηση τεσσάρων παραγόντων: κλίση, ακτίνα στροφής, πλάτος δρόμου και ορατή απόσταση.

Στατιστικές μέθοδοι (διακριτοποιημένη ανάλυση) χρησιμοποιήθηκαν ώστε να διαπιστωθεί κατά πόσο η αντίληψη επικινδυνότητας επηρεάζεται από δημογραφικές μεταβλητές. Έτσι έγινε εφικτό να εξαχθούν συμπεράσματα για το κατά πόσο ένας οδηγός ανήκει στους αυστηρούς ή όχι κριτές του κατά πόσο είναι ένα σημείο επικίνδυνο. Έτσι βρέθηκαν και οι τρεις παράγοντες που επηρεάζουν την αντίληψη επικινδυνότητας: η ηλικία του οδηγού, η εξοικείωση με το δρόμο και η εκτίμηση των ικανοτήτων του από τον ίδιο.

Η επιρροή της ηλικίας στην αντίληψη επικινδυνότητας είναι πολύ μεγάλη και αυτό είναι μεγάλο πρόβλημα στις σύγχρονες «γερασμένες» δυτικές κοινωνίες. Το γεγονός ότι η εξοικείωση με τη διαδρομή επηρεάζει την αντίληψη κινδύνου δείχνει ότι πρέπει να ληφθεί η καλλιέργεια της αντίληψης κινδύνου υπόψη κατά την εκπαίδευση των οδηγών, ιδίως για τους ποιο νέους και άπειρους οδηγούς, συμπέρασμα στο οποίο είχε φτάσει ο McKenna το 1991. Τέλος επιβεβαιώθηκε η σχεδόν προφανής υπόθεση ότι όσο περισσότερο ένας οδηγός υπερεκτιμά τις οδηγικές του ικανότητες πράγμα που μας κάνει να πιστεύουμε ότι και η ψυχολογία έχει λόγο σαν επιστήμη στη μελέτη της οδικής ασφάλειας σύμφωνα με τους Groeger και Brown (1989).

Η συγκεκριμένη έρευνα στην πράξη δεν παρουσίασε κάτι νέο απλά επιβεβαίωσε με πολύ επιστημονικό τρόπο πράγματα ήδη γνωστά από άλλες παλαιότερες έρευνες όπως του Κανελλαΐδη (1997) του και Ζέρβα (1998). Η ηλικία είναι ο σημαντικότερος παράγοντας μιας και έχει το μεγαλύτερο συντελεστή βαρύτητας σε όλες τις περιπτώσεις και δείχνει ότι οι παλαιότεροι οδηγοί είναι ποιο συντηρητικοί όσο αφορά την αντίληψη τους πάνω στην οδήγηση. Οι τελευταίοι επιμένουν για χαμηλότερα όρια ταχύτητας και το μεγαλύτερο ποσοστό τους σέβεται τα υπάρχοντα όρια (Κανελλαΐδης, Γκόλιας, Ζαφειρόπουλος 1995). Από την άλλη οι οδηγοί που δεν εντάσσονται σε αυτή την κατηγορία σε γενικές γραμμές τείνουν να υποεκτιμούν τον πιθανό κίνδυνο.

Τα συμπεράσματα της έρευνας σε σχέση με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού είναι και αυτά που μας ενδιαφέρουν περισσότερο. Έτσι έχουμε σαν κύριο παράγοντα αντιλαμβανόμενης επικινδυνότητας το κατά πόσο μικρή είναι η ακτίνα στροφής, πράγμα που συμφωνεί με τις παρατηρήσεις του Κανελλαΐδη (1997). Μάλιστα οι στροφές που προτάθηκαν ως επικίνδυνα σημεία από τους οδηγούς ήταν αυτές που όχι μόνο είχαν μικρή ακτίνα στροφής αλλά ήταν συνέχεια είτε ανοικτών στροφών είτε ευθειών. Αυτό δείχνει ότι οι ασυνέχειες στις ακτίνες καμπυλότητας διαδοχικών στροφών επηρεάζουν τους οδηγούς (Ζέρβας, 1998).

Επειδή στην δική μας έρευνα το κομμάτι που μελετήσαμε έχει μήκος μόλις 3150 μέτρα αλλά παρόλα αυτά ο κάθε εθελοντής οδηγός καλείται να

το διασχίσει περίπου 16 φορές κατά μέσο όρο και μας ενδιαφέρει επίσης και το κατά πόσο η εξοικείωση με τη διαδρομή επηρεάζει την αντίληψη κινδύνου για τα σημεία. Για την περίπτωση της εξοικείωσης παρατηρούμε ότι οι εξοικειωμένοι με τη διαδρομή οδηγοί σημαίνουν μεγαλύτερη ταχύτητα διέλευσης αλλά και μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση στους χειρισμούς. Αυτό μπορεί να συμβαίνει γιατί οι εξοικειωμένοι με τη διαδρομή οδηγοί είτε μπορεί να έχουν παρατηρήσει καλύτερα «τυφλά σημεία» είτε να είναι μάρτυρες ατυχημάτων στα συγκεκριμένα σημεία (Ζέρβας 1998). Στο σημείο της υπερεκτίμησης των ικανοτήτων του οδηγού από τον ίδιο τα σημεία βαθμολογήθηκαν με υψηλότερους βαθμούς επικινδυνότητας αλλά στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν μόνο σε 2 περιπτώσεις.

Τα συμπεράσματα για διαφορετικές ηλικιακές ομάδες είναι ενδιαφέροντα. Στην πρώτη ομάδα συμπεριλήφθησαν οι οδηγοί των 2 πρώτων πειραμάτων που είχαν ηλικίες από 18 έως 64. Στην δεύτερη πρώτη ομάδα εμπεριέχονται οι οδηγοί και από το τρίτο πείραμα με ηλικίες από 65 έως 75.

Έτσι έχουμε τη γηραιότερη ομάδα να θεωρεί λιγότερο επικίνδυνα από την νεότερη ομάδα τα σημεία με μεγάλες κλίσεις αλλά περισσότερο επικίνδυνα τα σημεία με μικρό πλάτος λωρίδας και κράσπεδα ή όρια. Έτσι φτάνουμε στο συμπέρασμα ότι στο σχεδιασμό δρόμου πρέπει να λαμβάνουμε υπόψιν τις ανάγκες των γηραιότερων για αυξημένο πλάτος λωρίδας ώστε να αισθάνονται ασφαλείς. Το γεγονός ότι οι ίδιοι αισθάνονται περισσότερο ασφαλείς παρά τις κλίσεις του δρόμου ίσως οφείλεται στις μικρότερες ταχύτητες με τις οποίες κινούνται. Οι μικρότερες ταχύτητες με τη σειρά τους οφείλονται σε εξισορρόπηση με τις μειούμενες λόγο ηλικίας οδηγικές ικανότητες.

Σαν συμπέρασμα η έρευνα τελικώς έδειξε ότι οι τρεις κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την αντίληψη επικινδυνότητας είναι η ηλικία του οδηγού, η εξοικείωση με το δρόμο και η εκτίμηση των ικανοτήτων του από τον ίδιο. Μάλιστα όταν σχεδιάζουμε νέα οδικά έργα πρέπει να λαμβάνουμε υπόψιν τις ιδιαιτερότητες στην αντίληψη κινδύνου των γηραιότερων οδηγών.

✚ 2.f Σύγκριση Ελλήνων – Κυπρίων οδηγών.

Με χρήση ερωτηματολογίου και με πείραμα που ενέπλεκε οδήγηση διεξήχθη έρευνα στην Κύπρο σχετικά με την αντίληψη κινδύνου σε οδήγηση σε αυτοκινητοδρόμους. Το ερωτηματολόγιο αποτελούσαν πέντε μέρη:

- ❖ Ερωτήσεις σχετικά με την εμπειρία, όπως τα χρόνια που οδηγούν, τα συνολικά διανυθέντα χιλιόμετρα, και ο συνολικός αριθμός ταξιδιών σε αυτοκινητοδρόμους το τελευταίο έτος
- ❖ Ερωτήσεις σχετικά με τα όρια ταχύτητας όπως η άποψη το οδηγού για αυτά

- ❖ Παράγοντες που καθορίζουν την ταχύτητα, όπως η ύπαρξη ορίου, η κατάσταση του οδοστρώματος, η κλίση του δρόμου, η ακτίνα των στροφών, η ορατότητα, η κίνηση στους δρόμους που διασταυρώνονται με τον δρόμο που κινείται ο οδηγός, η κίνηση βαρέων οχημάτων και η συμπεριφορά των άλλων οδηγών. Σε κάποιο σημείο η οδηγός πρέπει να σχολιάσουν τη δυσκολία ορισμένων ελιγμών όπως η είσοδος και η έξοδος από τον αυτοκινητόδρομο, η προσπέραση άλλων αυτοκινήτων και φορτηγών ή η οδήγηση σε υπό κατασκευή δρόμο. Τελικά έπρεπε να βαθμολογήσουν τους εαυτούς τους σχετικά με την ικανότητα τους να οδηγούν ασφαλέστερα από τον μέσο οδηγό.
- ❖ Κατά πόσο επηρεάζονται από δυσκολίες όπως ο κακός φωτισμός, η κακοκαιρία ή η κυκλοφοριακή συμφόρηση.
- ❖ Δημογραφικά χαρακτηριστικά, όπως το φύλο, η ηλικία και το μορφωτικό επίπεδο.

Επί του δείγματος ορίσθηκαν δύο ηλικιακές ομάδες. Η πρώτη ομάδα αποτελούμενη από άτομα άνω των 60 ετών και η δεύτερη από 19 έως 25 ετών. Οι ηλικιακές ομάδες επιλέχθηκαν γιατί θεωρούνται στατιστικά οι «επικινδυνότερες» για ατύχημα. (Y. Mori, M. Mizohata 1995; FHWA 1997, 1998; B. Schlag 1993; L. E. Hakamies – Blamqvist 1993; D. Levy 1990).

Σχετικά με την έρευνα βάση του ερωτηματολογίου 47 άτομα από την πρώτη ομάδα και 92 άτομα από τη δεύτερη το συμπλήρωσαν με 47% των ατόμων της δεύτερης ομάδας να είναι γυναίκες. Οι νέοι της δεύτερης ομάδας συμπλήρωσαν μόνοι στο σύνολό τους το ερωτηματολόγιο ενώ μερικοί από τους γηραιότερους χρειάστηκαν βοήθεια στην συμπλήρωση μη κατανοώντας κάποιες έννοιες.

Σχετικά με το πείραμα στο πεδίο. Το πεδίο δοκιμών ήταν ένα τμήμα αυτοκινητοδρόμου μήκους 8 χιλιομέτρων που οδηγεί από τη Λεμεσό στην Λευκωσία. Σαν δείγμα από την πρώτη ομάδα υπήρξαν 12 εθελοντές (όλοι άρρενες) και στην δεύτερη 18 νέοι οδηγοί (4 γυναίκες και 2 άρρενες). Ο παρατηρητής ζήτησε από τους οδηγούς να βαθμολογήσουν την επικινδυνότητα των γεωμετρικών χαρακτηριστικών καθώς αυτοί οδηγούσαν. Την ίδια στιγμή ο παρατηρητής συμπλήρωνε ένα έντυπο με την ταχύτητα των οδηγών καθώς αυτοί περνούσαν από προκαθορισμένα σημεία, την θέση τους στο οδόστρωμα και τον αριθμό των προσπεράσεων. Οι οδηγοί δεν είχαν γνώση του ότι ο παρατηρητής συμπλήρωνε το έντυπο αυτό.

Οι νέοι οδηγοί έδωσαν τόσο βάρος στην ακτίνα στροφής σχετικά με την επικινδυνότητα της στροφής ώστε παρατηρήθηκε το φαινόμενο η ίδια στροφή να κρίνεται ως περισσότερο ή λιγότερο επικίνδυνη ανάλογα με την κατεύθυνση κατά την οποία ο οδηγός διέσχιζε το δρόμο. Αυτό έρχεται σε άμεση συμφωνία με τα συμπεράσματα της προηγούμενης έρευνας.

Οι νέοι οδηγοί είχαν μέση ταχύτητα 115km/h και μέγιστη τα 140km/h με τους γηραιότερους να έχουν μέση 92km/h και μέγιστη 110km/h. Ο μέσος νέος οδηγός προσπέρασε 4 φορές και ο μέσος ηλικιωμένος προσπέρασε 1 φορά ενώ δέχτηκαν 4 και 18 προσπεράσεις αντίστοιχα.

Παρότι η διαγράμμιση ήταν ελλιπής η υπήρξαν πολλές γνώμες ως προς την παρεχόμενη καθοδήγηση. Οι λωρίδες επιταχύνσεως κρίθηκαν ασφαλείς από τους νέους οδηγούς σε αντίθεση με τις λωρίδες επιβραδύνσεως οι οποίες κρίθηκαν επικίνδυνες. Πρωτεύοντα ρόλο σύμφωνα με τους γηραιότερους στην προσοχή τους έπαιξαν οι στροφές. Γενικά οι γηραιότεροι οδηγοί κατά κανόνα κινήθηκαν στην δεξιά λωρίδα οδηγώντας αμυντικά και οι νεότεροι αντίστοιχα στην αριστερή οδηγώντας επιθετικά.

Σύμφωνα με την έρευνα του Ε.Μ.Π. που αναφέραμε σημαντικό ρόλο παίζει η αυτοπεποίθηση του οδηγού και το πώς κρίνει ο ίδιος, υποκειμενικά, την οδηγική του ικανότητα. Το 49% των γηραιότερων και το 41% των νεότερων δήλωσε ότι θεωρούν τον εαυτό τους καλύτερο από τον μέσο οδηγό ενώ τα αντίστοιχα ποσοστά είναι 68% και 41% σχετικά με το αν είναι ασφαλέστεροι από το μέσο οδηγό. Και οι δύο ομάδες θεώρησαν στην πλειοψηφία τους ότι τα όρια οφείλουν να υπάρχουν αλλά μόνο οι γηραιότεροι απάντησαν στην πλειοψηφία τους ότι συμμορφώνονται με αυτά.

Και για τις 2 ομάδες η ορατότητα ήταν ο βασικότερος παράγοντας που καθορίζει την ταχύτητά τους με τους γηραιότερους να δηλώνουν ότι λαμβάνουν υπόψιν τους και τα οχήματα που εισέρχονται και εξέρχονται από το δρόμο καθώς και την κατάσταση του οδοστρώματος. Η ακτίνα τις εκάστοτε στροφής και η ορατότητα επηρεάζουν τους νέους οδηγούς περισσότερο ενώ η κίνηση βαρέων οχημάτων επί της οδού περισσότερο επηρεάζει τους γηραιότερους, με τους τελευταίους να αποφεύγουν κατά 40% την νυχτερινή οδήγηση σε σχέση με ένα μικρό 10% των νεότερων οδηγών.

Σε μια σύγκριση δεδομένων κυπρίων και ελλήνων οδηγών παρατηρούμε ότι οι έλληνες χρησιμοποιούν πολύ περισσότερο το επαρχιακό δίκτυο σε σχέση με τους κύπριους που χρησιμοποιούν τους αυτοκινητοδρόμους περισσότερο με αποτέλεσμα να κάνουν και στατιστικά πολύ περισσότερες προσπεράσεις μιας και είναι ευκολότερο να γίνουν σε αυτοκινητόδρομο.

Οι έλληνες οδηγοί χαρακτήρισαν δύσκολο το προσπέρασμα αυτοκινήτων και φορτηγών καθώς και την αλλαγή λωρίδας. Επίσης οι έλληνες αποφεύγουν πολύ τους δρόμους με κυκλοφοριακή συμφόρηση πράγμα που δεν συμβαίνει στους κύπριους. Επίσης οι γηραιοί έλληνες αποφεύγουν την οδήγηση σε αυτοκινητοδρόμους με κακοκαιρία και οι νεότεροι έλληνες την νυχτερινή οδήγηση. Τέλος η ελλιπής σήμανση και η βαριά κίνηση φορτηγών φαίνεται δημιουργεί περισσότερα προβλήματα στους έλληνες οδηγούς.

2.g Η αντίληψη κινδύνου κατά τις νυχτερινές ώρες

Η Myra Blanco στην μακροσκελή εργασία της για το πώς επηρεάζουν οι συνθήκες φωτισμού κατά τις νυχτερινές ώρες την αντίληψη κινδύνου (2002) έφτασε σε μερικά χρήσιμα συμπεράσματα.

Στην τρέχουσα εργασία όλες οι μετρήσεις έγιναν κατά τις μεσημεριανές ώρες καλοκαιρινών μηνών ώστε να υπάρχουν πάντα οι ίδιες άψογες συνθήκες φωτισμού καθώς και άριστες καιρικές συνθήκες. Αυτό έγινε σύμφωνα με την επιστημονική μέθοδο όπου όταν προσπαθούμε να συσχετίσουμε δύο μεγέθη σε επαναλαμβανόμενο αριθμό πειραμάτων μεταβάλλουμε ένα μέγεθος και μετρούμε τη μεταβολή του άλλου κρατώντας όσο το δυνατό σταθερές τις συνθήκες του πειράματος. Έτσι δεν αναφέρουμε τα συμπεράσματα της εργασίας γύρω από την αντίληψη του κινδύνου κατά τις νυχτερινές ώρες για σύγκριση με τα δικά μας αποτελέσματα, αλλά έχοντας τα δικά μας αποτελέσματα σαν σημείο αναφοράς μπορούμε να κάνουμε κάποιες υποθέσεις για το τι θα περιμέναμε αν το πείραμα διεξαγόταν σε άλλες συνθήκες φωτισμού ή καιρού.

Θάνατοι ανά 100 εκατομμύρια διανυθέντων χιλιομέτρων

	Καλοκαιρία	Βροχή	Ομίχλη	Χιόνι
Ημέρα	2.30875	0.244125	0.140375	0.541563
Νύχτα	3.762625	0.343938	0.476125	0.6785

Θανατηφόρα ατυχήματα, ποσοστά επί τις εκατό κατανεμημένα

Έτος	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Θανατηφόρα	39836	36937	34942	35780	36254	37241	37494	37324	37091
Ημέρα	59.7	60.2	62.2	63.3	64.4	64.2	64.5	65.6	65.7
Νύχτα	39.3	39.0	37.0	35.8	34.7	34.9	34.6	33.5	33.4
Άγνωστο	1.0	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9

Εδώ θα πρέπει να σχολιάσουμε ότι δεν πρόκειται για δεδομένα αντίληψης κινδύνου και παρότι η εργασία της Myra Blanco αναφέρεται εκτενώς και κυρίως σε αντίληψη κινδύνου, εδώ μιλάμε για πραγματικό κίνδυνο και είναι καλό να υπενθυμίσουμε στον αναγνώστη τη διαφορά μεταξύ πραγματικού κινδύνου (όπως αυτός παρουσιάζεται από τις στατιστικές) και μεταξύ του κινδύνου που αντιλαμβάνονται οι οδηγοί. Σίγουρα υπάρχει κάποια συσχέτιση αλλά σε καμιά περίπτωση δεν πρέπει οι έννοιες να ταυτίζονται..

Επίσης στην εργασία υπάρχει αναφορά στα συμπεράσματα του Winter (1988) ότι καθώς οι οδηγοί φτάνουν σε μεγάλες ηλικίες αρχίζουν να αισθάνονται τρωτοί από τους γύρο οδηγούς πράγμα που τους οδηγεί σε συμπεριφορές οι οποίες άλλες φορές βελτιώνουν την οδική ασφάλεια και άλλες φορές το αντίθετο. Ο Persson (1993) με ερωτηματολόγια τα οποία συμπλήρωσαν γηραιότεροι πρώην οδηγοί συμπέρανε ότι οι γηραιότεροι οδηγοί σταδιακά αρχίζουν να αλλάζουν τις οδηγικές τους συνήθειες, για παράδειγμα σταματούν να οδηγούν βράδυ, και έτσι κάνοντας συνεχώς λιγότερα χιλιόμετρα ανά έτος φτάνουν στην απόφαση να σταματήσουν να οδηγούν.

Η Myra Blanco ασχολήθηκε με τα συστήματα ασφαλείας που θα βοηθούσαν τους οδηγούς να αντεπεξέλθουν στις δύσκολες συνθήκες της νυχτερινής οδήγησης και της κακοκαιρίας. Γνωρίζοντας την βασική σημασία της αντίληψης κινδύνου στη μελέτη της οδηγικής συμπεριφοράς έθεσε 2 στοιχειώδη ερωτήματα: Ποια η επιρροή στην αντίληψη κινδύνου έχει η νυχτερινή οδήγηση και ποια η κακοκαιρία. Επίσης προσπάθησε να απαντήσει στα εξής ερωτήματα:

- ❖ Κατά πόσο η ηλικία παίζει ρόλο στον απόσταση εντοπισμού και αναγνώρισης ανάλογα με τις διάφορες καιρικές συνθήκες;
- ❖ Ποια η διαφορά στην αντίληψη κινδύνου στις διάφορες ηλικιακές ομάδες και τα δύο φύλα κατά τη νυχτερινή οδήγηση;
- ❖ Ποια στοιχεία αναγνωρίζουν οι οδηγοί σαν πηγές κινδύνου κατά τη νυχτερινή οδήγηση;
- ❖ Ποια η συσχέτιση της αντίληψης κινδύνου και της ορατότητας κατά τα νυχτερινή οδήγηση;
- ❖ Ποια η συσχέτιση μεταξύ της αντίληψης κινδύνου και των επιπρόσθετων πειραματικών συστημάτων ασφαλείας όταν αυτά χρησιμοποιούνται;

Πληθώρα συμπερασμάτων εξήχθησαν από την εργασία αυτή αλλά επειδή η εργασία είχε επίκεντρο πειραματικά συστήματα ασφαλείας θα περιοριστούμε στα πιο γενικά και ουσιαστικά:

Η αντίληψη κινδύνου κατά τη νυχτερινή οδήγηση και ειδικά στην περίπτωση κακοκαιρίας εξαρτάται κυρίως από τον οδηγό και συγκεκριμένα στο πόσο καλή όραση έχει. Κύριο ρόλο παίζει η έγκαιρη και από απόσταση αντίληψη του πιθανού κινδύνου με μειωμένη απόδοση στους γηραιότερους οδηγούς.

Οι νέοι οδηγοί από την άλλοι επέδειξαν υπερβολική αυτοπεποίθηση και πιθανά λάθη στην κρίση τους.

Η νυχτερινή οδήγηση κατά σε ώρες κακοκαιρίας περιορίζει τις οπτικές δυνατότητες του οδηγού. Οι πεζοί και ποδηλάτες είναι ομάδες υψηλού κινδύνου και πρέπει να γνωρίζουν τους κινδύνους που εμπεριέχει η μη λήψη μέτρων ασφαλείας όπως η χρήση ρούχων με μουντά χρώματα. Εάν αυτό ληφθεί υπόψη πρέπει να αναμένουμε μεγάλη μείωση των ατυχημάτων μεταξύ αυτοκινητιστών και μη αυτοκινητιστών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

3

ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

3.a Το πείραμα στην επιστημονική μέθοδο

Ως Πείραμα χαρακτηρίζεται η οποιαδήποτε έμπρακτη δοκιμή ή εφαρμογή θεωρίας προς άσκηση ή μελέτη και γενικά ο κάθε έλεγχος της θεωρητικής γνώσης. Ειδικότερα όμως πείραμα λέγεται η υπό του ανθρώπου μεθοδική αναπαραγωγή ενός φαινομένου με στόχο την εξακρίβωση της φύσης του, των αιτιών που το προκαλούν και των νόμων από τους οποίους διέπεται αυτό το φαινόμενο.

Το πείραμα συμπληρώνει την παρατήρηση και παρέχει γνωστικό υλικό με το οποίο ο επιστήμονας έχει τουλάχιστον την ευκαιρία να παρακολουθήσει πλευρές του φαινομένου που ίσως στη φύση, του είναι αδύνατον. Το πείραμα εκτός της έκδηλης αναγκαιότητάς του εμφανίζει και τα ακόλουθα σημαντικά πλεονεκτήματα:

- ❖ 1. Τα προκαλούμενα από πειράματα φαινόμενα είναι υποκείμενα στον επιθυμητό χρόνο και όχι εκείνο της φύσεως.
- ❖ 2. Παρέχεται το δικαίωμα της επανάληψης κατά βούληση και κάθε φορά που κρίνεται αναγκαίο.
- ❖ 3. Παρέχουν χρόνο εξαγωγής συμπερασμάτων.
- ❖ 4. Παρέχουν δυνατότητα διαχωρισμού των φαινομένων που δεν παρέχεται στη Φύση
- ❖ 5. Παρέχεται συχνά η δυνατότητα αυξομείωσης της ταχύτητας ενός φαινομένου που απαντάται στη φύση.
- ❖ 6. Παρέχεται η δυνατότητα ακριβέστερων μετρήσεων και
- ❖ 7. Παρέχεται η δυνατότητα της γραφικής πλέον παράστασης αυτού τούτου του φαινομένου.

Γενικά τα πειράματα πραγματοποιούνται κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες, όπως ακριβώς εκείνες των Εργαστηρίων. Κατά τη διάρκεια δε αυτών πραγματοποιούνται διάφορες μετρήσεις, δηλαδή αντιστοιχίες φυσικών ποσοτήτων σε συγκεκριμένους αριθμούς (αριθμητικές τιμές) μετά από σύγκριση αυτών με πρότυπες ποσότητες, ίδιων μεγεθών, που έχουν γίνει αποδεκτές ως μονάδες. Σε όλες όμως τις μετρήσεις συνυπάρχουν σφάλματα που αποτελούν και τις σχετικές ανακρίβειες των μετρήσεων. Τα σφάλματα αυτά προέρχονται από τρεις παράγοντες που μπορεί και να συνυπάρξουν, το σφάλμα των οργάνων, το σφάλμα του παρατηρητή και οι συνθήκες του περιβάλλοντος.

Τα πειραματικά αποτελέσματα ερμηνεύονται με τη βοήθεια "υποθέσεων" οι οποίες και αποτελούν τις επιστημονικές "προτάσεις" ερμηνείας. Αυτές οι υποθέσεις εφόσον επαληθευτούν και αποδειχθούν, αποκτούν στη συνέχεια την ισχύ του επιστημονικού Νόμου ή Θεωρίας.

↓ 3.b Μετρητικές διατάξεις: Η τεχνολογία του Global Positioning System (G.P.S.)

3.b.i Τι είναι το G.P.S.

Η τεχνολογία του G.P.S. βρίσκει εφαρμογές παγκοσμίως όπου χρειάζεται ακριβής πλοήγηση σε ξηρά, θάλασσα και αέρα όπως για παράδειγμα σε συστήματα πλοήγησης για αυτοκίνητα, μοτοσικλές, αερόστατα, αεροσκάφη, χιονοδρομικά οχήματα και διάφορες άλλες δραστηριότητες ακόμα και στην ποδηλασία ή στην ιππασία, μιας και τα συστήματα πλοήγησης που συνεργάζονται με το G.P.S. είναι πολύ απλά στη λειτουργία τους, έχοντας ακόμα και μέγεθος ρολογιού. Ακόμη οι μετεωρολόγοι το χρησιμοποιούν για την πρόβλεψη του καιρού και τη μελέτη του παγκοσμίου κλίματος, ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση της κίνησης των τεκτονικών πλακών κατά τη διάρκεια σεισμών.



Η συντομογραφία του G.P.S. είναι Global Positioning System και αποτελείται από 24 δορυφόρους (28 από το Μάρτιο του 2000). Είναι ένα σύστημα πλοήγησης το οποίο μπορεί να μας δώσει τη θέση μας στην υδρόγειο με ακρίβεια λίγων μέτρων. Το δορυφορικό πρόγραμμα NAVSTAR αναπτύχθηκε το 1973 από το υπουργείο αμύνης των Η.Π.Α. Ο πρώτος δορυφόρος τέθηκε σε τροχιά το 1978 και το 1980 έγινε διαθέσιμος σε όλους. Το 1994 τέθηκε σε τροχιά ο 24ος δορυφόρος. Το G.P.S. δουλεύει υπό

οιεσδήποτε καιρικές συνθήκες, οπουδήποτε στον κόσμο επί εικοσιτετράωρου βάσεως και η χρήση του δεν απαιτεί συνδρομή ή τέλη χρήσεως.

3.b.ii Πώς λειτουργεί

Στην πράξη κατά τη λειτουργία του ο δέκτης του G.P.S. μετρά την απόστασή του από τουλάχιστον 3 δορυφόρους και η μέτρηση αυτή γίνεται με μέτρηση του χρόνου που κάνει το σήμα του εκάστοτε δορυφόρου για να φτάσει στον δέκτη μιας και η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία κινείται στο χώρο με πεπερασμένη ταχύτητας. Το σήμα του κάθε δορυφόρου εμπεριέχει πληροφορίες για τη θέση του οπότε είναι δυνατόν να εξαχθεί η θέση του δέκτη.

3.b.iii Άλλα αντίστοιχα συστήματα

Αντίστοιχο σύστημα με το G.P.S. είναι το σύστημα GLONASS (GLObal NAvigation Satellite System), που έχει αναπτύξει η πρώην σοβιετική ένωση και τώρα το διαχειρίζεται η Ρωσία και το σύστημα Galileo που αναπτύσσει η ευρωπαϊκή ένωση, το οποίο σε αντίθεση με το G.P.S και το GLONASS δεν διαχειρίζεται ο στρατός. Θα αναφερθούμε πιο συνοπτικά σε αυτά τα συστήματα και κυρίως θα τα συγκρίνουμε με το G.P.S. το οποίο θα χρησιμοποιήσουμε. Έτσι έναντι των 28 δορυφόρων του GPS το σύστημα Galileo χρησιμοποιεί 27 συν 3 εφεδρικούς ενώ το σύστημα GLONASS χρησιμοποιεί 24, αλλά διαφέρει με το G.P.S. έχοντας 3 τροχιακά επίπεδα ομοιόμορφα κατανεμημένα που σχηματίζουν 120 μοίρες γωνία μεταξύ τους, σε αντίθεση με τα 4 τροχιακά επίπεδα 6 δορυφόρων έκαστο του G.P.S.



Εικόνα 3.b.iii.1: Ρωσικός δέκτης GLONASS για στρατιωτική χρήση.

Παράλληλα με το σύστημα Galileo που αναπτύσσει η Ευρωπαϊκή Ένωση η Κίνα έχει αναπτύξει το σύστημα Beidou Navigation System το οποίο είναι πειραματικό και αποτελείται από 4 γεωστατικούς δορυφόρους και είναι περιορισμένης λειτουργικότητας. Στα άμεσα σχέδια της Κίνας είναι το σύστημα Beidou-2 το οποίο θα αποτελείται από 35 δορυφόρους.

Υπό ανάπτυξη είναι το σύστημα IRNSS της Ινδίας (Indian Regional Navigational Satellite System) το οποίο αφορά μόνο την εγχώρια αγορά της Ινδίας. Τέλος να αναφέρουμε τον «πρόγονο» του G.P.S. το σύστημα Transit των Ηνωμένων Πολιτειών που άρχισε δοκιμαστικά την λειτουργία του το 1960 και έπαψε να παρέχει τις υπηρεσίες του το 1991

3.b.iv Οι δορυφόροι

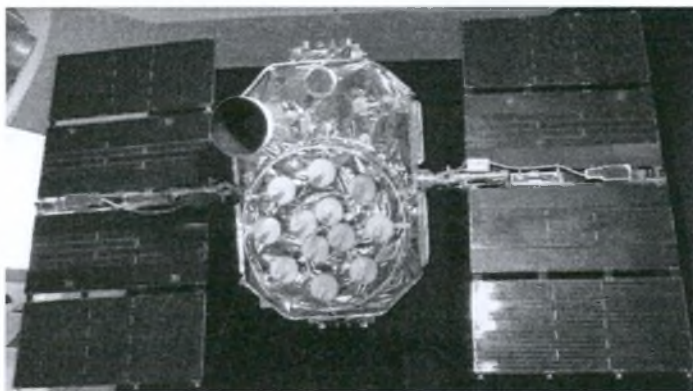
Κάθε δορυφόρος του G.P.S. κατασκευάζεται με χρόνο ζωής τα 10 περίπου χρόνια, ζυγίζει γύρω στα 900 κιλά και με τους ηλιακούς συλλέκτες σε έκταση έχει μήκος 5,5 μέτρα. Οι τροχιές των δορυφόρων σχηματίζουν γωνιά 55 μοιρών σε σχέση με τον ισημερινό (64,8 μοίρες για το GLONASS και 56 μοίρες για το Galileo) και χωρίζονται διαδοχικά μεταξύ τους με γωνίες 60 μοιρών. Οι τροχιές τους δεν είναι γεωστατικές και προσεγγιστικά είναι κυκλικές με ακτίνες 26,560 χιλιομέτρων (24,135 χιλιόμετρα για το Galileo)

και τροχιακές περιόδους μισής αστρικής ημέρας (περίπου 11.967 ώρες) έναντι του συστήματος GLONASS του οποίου οι δορυφόροι βρίσκονται χαμηλότερα σε ακτίνα 25,510 χιλιομέτρων με αποτέλεσμα μικρότερη περίοδο, περίπου 7/18 της αστρικής μέρας. Σε 8 ημέρες ένας δορυφόρος του G.P.S. θα έχει ολοκληρώσει 16 περιστροφές έναντι 17 περιστροφών του δορυφόρου GLONASS. Έτσι θεωρητικά θα έχουμε τρεις ή παραπάνω ορατούς δορυφόρους οποιαδήποτε στιγμή της ημέρας και από οποιοδήποτε σημείο. Οι μπαταρίες φορτίζουν όταν οι ηλιακοί συλλέκτες λαμβάνουν ενέργεια από τον ήλιο, έτσι ώστε όταν αυτή εκλείπει, λόγω της παρεμβολής της γης, ο πομπός και οι προωθητήρες παρεμβαίνουν για την διόρθωση της τροχιάς.



Εικόνα 3.b.iv.1: Δορυφόρος GPS Block IIR-M της Lockheed Martin

Κάθε δορυφόρος έχει ένα ατομικό ρολόι καισίου ή ρουβιδίου ή συνδυάζει και τα δύο προηγούμενα ώστε να είναι γνωστή με ακρίβεια η χρονική στιγμή και τα χρονικά δεδομένα για τα σήματα που εκπέμπουν οι δορυφόροι. Ο πομπός εκπέμπει σήμα μικρής ισχύος μόλις 50 watt και εκπέμπει ραδιοκύματα σε δύο συχνότητες χαμηλής ισχύος την L1 με συχνότητα Carrier 1.575,42 Mhz και L2 με συχνότητα Carrier 1.227,60 Mhz αντίστοιχα. Τα ραδιοκύματα της συγκεκριμένης συχνότητας διαπερνούν τα σύννεφα το γυαλί και το πλαστικό αλλά όχι κτήρια και βουνά. Αυτές οι δύο συχνότητες είναι ακέραια πολλαπλάσια της θεμελιώδους συχνότητας $f_0 = 1,023 \text{ Mhz}$. Η L1 έχει $f_1 = 1540 f_0$ και η L2 έχει $f_2 = 1200 f_0$. Η χρήση δύο καναλιών σε διαφορετική συχνότητα μας επιτρέπει να εκτιμήσουμε το σφάλμα που προκαλεί η διάθλαση της ιονόσφαιρας.



Εικόνα 3.b.iv.2: Δορυφόρος GPS Block IIR-M της Lockheed Martin στο εργαστήριο κατά τη διαδικασία της βαθμονόμησης (calibration)

3.b.v Τα σημεία ελέγχου

Η τροχιά του εκάστοτε δορυφόρου ελέγχεται από την πολεμική αεροπορία των Ηνωμένων Πολιτειών στους σταθμούς της στη Hawaii, Kwajalein, Ascension Island, Diego Garcia, και στο Colorado Springs στο Colorado καθώς και σταθμοί παρακολούθησης λειτουργούν υπό τον οργανισμό της NGA (National Geospatial-Intelligence Agency).

Οι πληροφορίες στέλνονται στον κεντρικό σταθμό της AFSPC (Air Force Space Command) στην αεροπορική βάση του στο Colorado Springs, η οποία λειτουργείται από τη δεύτερη μοίρα διαστημικών επιχειρήσεων. Σκοπός της μοίρας αυτής είναι να ενημερώνει συνεχώς τους δορυφόρους με πληροφορίες σχετικά με την τροχιά τους και να ενημερώνει τα ατομικά τους ρολόγια.

Οι πληροφορίες για την ενημέρωση δημιουργούνται μέσα από φίλτρο Kalman το οποίο χρησιμοποιεί πληροφορίες από του επίγειους σταθμούς καθώς και άλλες πηγές. Αξιοσημείωτη σύμπτωση είναι ότι το φίλτρο του Kalman θα χρησιμοποιηθεί εκτενώς στην επεξεργασία των δεδομένων μας παρακάτω.

3.b.vi Ο χρήστης

Ο δέκτης G.P.S του χρήστη αποτελείται από την κεραία η οποία συγχρονίζεται με τις συχνότητες των δορυφόρων, τον επεξεργαστή των δεδομένων και ένα ρολόι ακριβείας (συνήθως έναν παλλόμενο κρύσταλλο). Συνήθως υπάρχει και οθόνη απεικόνισης ώστε να μπορεί ο χρήστης να διαβάσει την πληροφορία. Ο δέκτης χαρακτηρίζεται από τον αριθμό των καναλιών που μπορεί να χειριστεί ταυτόχρονα. Όσο περισσότερα, τόσο περισσότερους δορυφόρους μπορεί να παρακολουθεί ταυτόχρονα. Οι πρώτοι δέκτες είχαν συνήθως τέσσερα ή πέντε με τους δέκτες που κυκλοφορούν στην αγορά αυτή τη στιγμή να έχουν συνήθως από δώδεκα έως είκοσι κανάλια.

Ο δέκτης ενδέχεται να περικλείει είσοδο δεδομένων για διαφορικές διορθώσεις, με χρήση της μορφοποίησης RTCM SC-104. Αυτή η είσοδο

συνήθως είναι τύπου RS-232 με ταχύτητα 4800 bit ανά δευτερόλεπτο. Βέβαια αυτή η ταχύτητα είναι η βέλτιστη του διαύλου RS-232, η ταχύτητα με την οποία εισάγονται διορθώσεις είναι αρκετά μικρότερη πράγμα που μειώνει την ακρίβεια του σήματος στην περίπτωση χρήσης του RTCM. Καθώς η τεχνολογία εξελίσσεται ακόμα και οι φτηνότερες συσκευές περιέχουν δέκτες τύπου Wide Area Augmentation System.



3.b.vi.1) Ένας τυπικός ανώνυμος δέκτης G.P.S. βασισμένος στο ολοκληρωμένο SiRF Star III με διαστάσεις 15 επί 17 χιλιοστά ο οποίος χρησιμοποιείται σε πολλά προϊόντα της αγοράς. Τα σπίρτα μας βοηθούν να αντιληφθούμε το μέγεθός του

Πολλοί δέκτες G.P.S. μπορούν να μεταφέρουν πληροφορίες σχετικά με τη θέση με χρήση του πρωτοκόλλου NMEA0183. Το NMEA2000 είναι ένα νεότερο και λιγότερο διαδεδομένο πρωτόκολλο. Και τα δύο είναι κλειστά πρότυπα ελεγχόμενα από την National Marine Electronics Association με έδρα τις Ηνωμένες πολιτείες. Εργαλεία ανοικτού λογισμικού όπως το grpsd είναι σε θέση να διαβάζουν το πρωτόκολλο και μάλιστα χωρίς να παραβιάζονται νόμοι πνευματικής ιδιοκτησίας. Άλλα κλειστά πρωτόκολλα που υπάρχουν είναι το u-blox, SiRF και το MTK. Οι δέκτες μπορούν να αλληλεπιδράσουν με άλλες συσκευές μέσω σειριακής σύνδεσης, USB ή ακόμα και Bluetooth.



3.b.vi.2) Διάφοροι δέκτες GPS διαθέσιμοι στην αγορά

3.b.vii Τα σήματα πλοήγησης

Κάθε δορυφόρος G.P.S. συνεχώς εκπέμπει σήμα πλοήγησης με ρυθμό πλοήγησης 50 bit ανά δευτερόλεπτο δίνοντας τον ημεροδείκτη (αναφέρεται ως almanac) και την αστρονομική εφημερίδα (αναφέρεται ως ephemeris). Ο ημεροδείκτης αποτελείται από πληροφορίες σχετικά με την τροχιά (κατά προσέγγιση) και την κατάσταση του εκάστοτε δορυφόρου. Μια πλήρη μετάδοση του ημεροδείκτη χρειάζεται δωδεκάμισι λεπτά και είναι υπεύθυνη για την αρχική καθυστέρηση όταν πρωτοενεργοποιήσουμε τον δέκτη. Η αστρονομική εφημερίδα δίνει την ακριβή τροχιά του δορυφόρου και μεταδίδεται ανά 30 δευτερόλεπτα.

Ο ημεροδείκτης βοηθάει στον συνυπολογισμό των δεδομένων των άλλων δορυφόρων και η αστρονομική εφημερίδα για να υπολογίσουμε την απόσταση από τον τρέχοντα δορυφόρο. Η εφημερίδα ενημερώνεται κάθε 2 ώρες και ισχύει για 4 ώρες. Ο χρόνος που χρειάζεται για να την αποκτήσει είναι ένα σημαντικό στοιχείο στην καθυστέρηση της εύρεσης της πρώτης απόστασης όταν ο δέκτης ενεργοποιείται αφού έχει μείνει πολλές ώρες ανενεργός.

Κάθε δορυφόρος μεταδίδει τα σήματα πλοήγησης με τουλάχιστον δύο διακριτούς κωδικούς spread spectrum: τον Coarse/Acquisition (C/A) κώδικα ο οποίος είναι ελεύθερος στον καθένα και τον Precise (P) code ο οποίος είναι κωδικοποιημένος και δεσμευμένος για στρατιωτικές εφαρμογές.

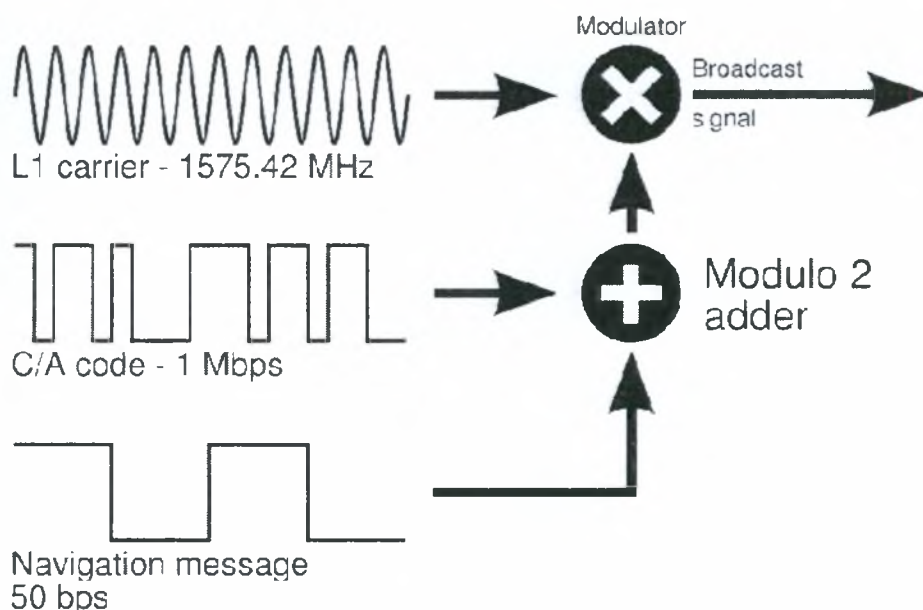
Ο C/A κώδικας είναι ένας ψευδοτυχαίος κώδικας που επαναλαμβάνεται κάθε χιλιοστό του δευτερολέπτου και κάθε δορυφόρος έχει το δικό του C/A κώδικα ώστε να είναι διακριτός ανάμεσα στους άλλους δορυφόρους που εκπέμπουν στην ίδια τροχιά.

Ο P κώδικας είναι επίσης ψευδοτυχαίος κώδικας που επαναλαμβάνεται μόνο μια φορά την εβδομάδα. Όταν η λειτουργία anti-spoofing είναι ενεργή όπως είναι συνήθως ο κώδικας P είναι κωδικοποιημένος βάση του κώδικα Y και σχηματίζεται ο κώδικας P(Y) από τον οποίο μπορεί να προκύψει ο κώδικας P μόνο εφόσον κάποιος έχει ένα έγκυρο κώδικα αποκωδικοποίησης. Και οι δύο κώδικες C/P και P(Y) μεταδίδουν την ακριβή ώρα της ημέρας στο χρήστη.

Οι χρησιμοποιούμενες από το GPS συχνότητες είναι οι παρακάτω:

- ❖ L1 (1575.42 MHz): Μίξη μηνύματος πλοήγησης, του κώδικα C/A και του κωδικοποιημένου P(Y) κώδικα
- ❖ L2 (1227.60 MHz): Ο κώδικας P(Y), συν ο L2C κώδικας σε δορυφόρους Block IIR-M και νεότερους
- ❖ L3 (1381.05 MHz): Χρησιμοποιείται από το σύστημα εντοπισμού πυρηνικών εκρήξεων NUDET (Nuclear Detonation Detection System Payload) για να σημάνει πυρηνικές εκρήξεις που έχει εντοπίσει ή άλλα συμβάντα που εκλύουν υψηλά ποσά ενέργειας στο υπέρυθρο φάσμα. Χρησιμοποιείται κυρίως για να επιβλέπει την εφαρμογή των διεθνών συμβάσεων για τις πυρηνικές δοκιμές

- ❖ L4 (1379.913 MHz): Χρησιμοποιείται για να μας δώσει διόρθωση λόγω των σφαλμάτων της ιονόσφαιρας.
- ❖ L5 (1176.45 MHz): Σύμφωνα με το πρόγραμμα εκσυγχρονισμού του G.P.S. προτάθηκε να χρησιμοποιηθεί ως πρόγραμμα ασφάλειας της ζωής των πολιτών. Η συχνότητα αυτή είναι εντός των διεθνώς προστατευόμενων συχνοτήτων για την αεροπλοΐα πράγμα που εγγυάται ότι δεν θα υπάρχουν πολλές παρεμβολές. Ο πρώτος δορυφόρος τύπου Block IIF που θα παρέχει υποστήριξη θα εκτοξευθεί το 2008.



3.b.vii.1) Σχηματική αναπαράσταση του εκπεμπόμενου σήματος

3.b.viii Υπολογισμός θέσεως

Οι συντεταγμένες υπολογίζονται σύμφωνα με το παγκόσμιο γεωδαιτικό σύστημα συντεταγμένων WGS84. Για να υπολογίσει τη θέση του ο δέκτης χρειάζεται να γνωρίζει τον ακριβή χρόνο. Οι δορυφόροι είναι εξοπλισμένοι με ατομικά ρολόγια εξαιρετικής ακριβείας. Ο δέκτης με εσωτερικό ρολόι βασισμένο παλλόμενο κρύσταλλο που ενημερώνεται συνέχεια λαμβάνοντας σήματα από τους δορυφόρους.

Ο δέκτης αναγνωρίζει το σήμα του εκάστοτε δορυφόρου από το μοτίβο του κώδικα C/A και κατόπιν μετρά τις καθυστερήσεις του εκάστοτε δορυφόρου. Για να το κάνει αυτό ο δέκτης παράγει δύο ολότητες C/A ακολουθίες χρησιμοποιώντας τον την ίδια φύτρα τυχαίων αριθμών (random seed) με το δορυφόρο. Με την παράθεση και σύγκριση των δύο ακολουθιών ο δέκτης μπορεί να μετρήσει την καθυστέρηση του σήματος και κατά συνέπεια να μετρήσει την απόστασή του από το δορυφόρο, την ονομαζόμενη ψευδοαπόσταση.



Εικόνα 3.b.viii.1) Επικαλυπτόμενες ψευδοαποστάσεις, παρουσιάζονται ως καμπύλες και αποδίδουν την πιθανή θέση.

Η πληροφορία της τροχιακής θέσης από το μήνυμα πλοήγησης χρησιμοποιείται για να υπολογίσει την ακριβή θέση του δορυφόρου. Ξέροντας την θέση και την απόσταση του δορυφόρου ξέρουμε ότι ο δέκτης είναι σε κάποιο σημείο επί επιφάνειας φανταστικής σφαίρας η οποία έχει για κέντρο τη θέση του δορυφόρου και ακτίνα την απόσταση δορυφόρου δέκτη. Εάν μετρήσουμε τέσσερις δορυφόρους ταυτόχρονα η τομή των τεσσάρων ιδεατών σφαιρών μας δίνει τη θέση του δέκτη. Οι δέκτες που είναι γνωστό ότι είναι κοντά στη στάθμη της θάλασσας μπορούν να αντικαταστήσουν μια ιδεατή σφαίρα με τη σφαίρα που σχηματίζει ο πλανήτης της οποίας και το κέντρο αλλά και η ακτίνα είναι γνωστή.

Συνήθως οι σφαίρες δεν συμπίπτουν σε ένα ακριβώς σημείο οπότε ο δέκτης αποδίδει την ποιο πιθανή μαθηματικά θέση και πολλές φορές μας δίνει και το τυπικό σφάλμα της μέτρησης.

Η ίδια διαδικασία ακολουθείται όταν υπολογίζουμε την θέση χρήση του P(Y) κώδικα δεδομένου πάντα ότι έχουμε τον τρόπο να το αποκρυπτογραφήσουμε. Η κρυπτογράφηση είναι ένας μηχανισμός ασφαλείας, αν το σήμα μπορεί να αποκωδικοποιηθεί είναι λογικό να υποθέσουμε ότι είναι ένα πραγματικό σήμα το οποίο αποστέλλεται από τον δορυφόρο του GPS και όχι κάποια προσπάθεια παρεμβολής. Κατ'αντιστοιχία μπορούμε να πούμε ότι οι απλοί δέκτες είναι τρωτοί σε παρεμβολή ψευδούς κώδικα γιατί τα αναμενόμενα δεδομένα C/A μπορούν να αναπαραχθούν με γεννήτριες σήματος που υπάρχουν διαθέσιμες στην αγορά.

Ο μηχανισμός ασφαλείας RAIM δεν προστατεύει από κακόβουλες παρεμβολές γιατί ο RAIM ελέγχει την ορθότητα του σήματος μόνο από θέμα πλοήγησης.

3.b.ix. Ακρίβεια στις μετρήσεις και λόγοι σφαλμάτων

Ο υπολογισμός της θέσης από τον δέκτη του G.P.S. απαιτεί την τρέχουσα ώρα, την θέση του δορυφόρου και την καθυστέρηση του λαμβανόμενου σήματος. Η ακρίβεια του υπολογισμού της θέσης εξαρτάται κατά κύριο λόγο από την θέση και την καθυστέρηση της λήψης του σήματος.

Για να μετρήσουμε την καθυστέρηση ο δέκτης συγκρίνει την ακολουθία του κώδικα που λαμβάνει από το δορυφόρο με την εσωτερικά δημιουργούμενη ακολουθία. Από τη σύγκριση της διαφοράς φάσης των ακολουθιών, οι σύγχρονες ηλεκτρονικές συσκευές μπορούν να υπολογίσουν το χρόνο με σφάλμα μικρότερο των 10 ns για τον C/A κώδικα. Από τη στιγμή που το σήμα του G.P.S. διαδίδεται όπως όλες οι μορφές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με σχεδόν την ταχύτητα του φωτός τα 10 ns μεταφράζονται σε σφάλμα 3 μέτρων. Αυτό είναι το ελάχιστο σφάλμα για κάποιον που χρησιμοποιεί μόνο ένα σήμα C/A.

Επειδή η ακρίβεια της μέτρησης είναι περίπου 1% του χρόνου που διαρκεί κάθε bit στην περίπτωση του P(Y) σήματος είναι εφικτό να έχουμε ακρίβεια της τάξης των 30 εκατοστών.

Η απόκλιση από τα ηλεκτρονικά είναι μόνο ένας παράγοντας που μπορεί να ληφθεί υπόψη. Όταν όλοι οι παράγοντες που θα αναφερθούν παρακάτω ληφθούν υπόψη η τυπική ακρίβεια είναι περί τα 15 μέτρα για την χρήση από πολίτες. Αυτοί οι παράγοντες βέβαια υπεισέρχονται και στη μέτρηση με χρήση P(Y) κώδικα για στρατιωτικές χρήσεις.

Πηγή	Σφάλμα
Επιρροή Ιονόσφαιρας	± 5 μέτρα
Σφάλματα αστρονομική εφημερίδας	± 2.5 μέτρα
Σφάλμα ρολογιού του δορυφόρου	± 2 μέτρα
Πολλαπλές διαδρομές σήματος	± 1 μέτρα
Επιρροή Τροπόσφαιρας	± 0.5 μέτρα
Αριθμητική αστάθεια	± 1 μέτρα

Πίνακας 3.b.ix) Πηγές ισοδύναμων λαθών χρήση

Οι αστάθειες στις ατμοσφαιρικές συνθήκες επηρεάζουν την ταχύτητα με την οποία το σήμα του G.P.S διασχίζει την ατμόσφαιρα και την ιονόσφαιρα. Το να διορθωθούν αυτά τα λάθη ήταν μια μεγάλη πρόκληση. Τα σφάλματα όπως είναι λογικό είναι μικρά όταν ο δορυφόρος είναι πάνω από το δέκτη αλλά γίνονται σημαντικά καθώς ο δορυφόρος είναι κοντά στον ορίζοντα γιατί το σήμα διανύει μεγάλη απόσταση μέσα στην ατμόσφαιρα. Από τη στιγμή που είναι στο περίπου γνωστή η θέση του δέκτη, μαθηματικά μοντέλα μπορούν να εφαρμοστούν ώστε να εκτιμηθούν και να αποκατασταθούν τέτοια σφάλματα.

Επειδή η επιρροή της ιονόσφαιρας στην μαγνητική ακτινοβολία είναι διαφορετική ανάλογα με τη συχνότητα της, φαινόμενο που αναφέρεται ως διασπορά, χρησιμοποιούμε δύο συχνότητες ώστε να εκτιμηθεί και να μειωθεί το λάθος. Κάποιοι στρατιωτικοί δέκτες ή δέκτες ακριβείας για τοπογραφικές χρήσεις συγκρίνουν τις καθυστερήσεις στις συχνότητες L1 και L2 για να μετρήσουν την επιρροή της ατμόσφαιρας και να εφαρμόσουν μια πιο ακριβή διόρθωση. Αυτή η τεχνική μπορεί να εφαρμοστεί και στους πολιτικούς δέκτες χωρίς τον κώδικα P(Y) γιατί δεν χρειάζεται η αποκρυπτογράφηση του παρά μόνο η παρακολούθηση του φέροντος ηλεκτρομαγνητικού κύματος αντί του κρυπτογραφημένου κώδικα. Πλέον για να μπορέσει αυτή η τεχνική μείωσης του σφάλματος να εφαρμοστεί και σε φθηνότερους δέκτες G.P.S. ένας νέος κώδικας προσβάσιμος από όλους τύπους δεκτών G.P.S. (όχι μόνο για στρατιωτικές χρήσεις) θα προστεθεί στη συχνότητα L2 και ονομάζεται L2C. Οι πρώτοι δορυφόροι που είναι σε θέση να εκπέμπουν τον κώδικα αυτό θα είναι τύπου Block IIR-M και τέθηκαν σε τροχιά για πρώτη φορά το 2005. Έτσι μπορούμε να έχουμε άμεση σύγκριση του σήματος L1 και L2 με άμεση χρήση κώδικα και όχι του φέροντος σήματος.

Η επιρροή της ιονόσφαιρας γενικά μεταβάλλεται με βραδείς ρυθμούς και μπορεί να εξαχθεί ένας μέσος όρος σε βάθος χρόνου. Οι επιρροή για συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή μπορεί να υπολογιστεί εύκολα με σύγκριση της θέσης που προκύπτει από τη μέτρηση του G.P.S. σε ένα ήδη γνωστό σημείο. Η διόρθωση αυτή είναι η ίδια που θα πρέπει αν εφαρμοστεί για όλους τους δέκτες G.P.S που παράγουν μετρήσεις στην περιοχή. Ποιο εξελιγμένα συστήματα υπολογίσουν τις διορθώσεις αυτές και τις εκπέμπουν μέσω ραδιοκυμάτων σε άλλους δέκτες G.P.S. οι οποίοι με τη σειρά τους μπορούν να κάνουν διορθώσεις επί σφαλμάτων που προκύπτουν από την ιονόσφαιρα με χρήση μόνο του καναλιού L1. Οι διορθώσεις αυτές επίσης μεταδίδονται μέσω δορυφόρου με το σύστημα βελτίωσης του συστήματος από δορυφόρο (Satellite Based Augmentation Systems) όπως το σύστημα WAAS το οποίο μεταδίδει τη διόρθωση στη συχνότητα του G.P.S. χρησιμοποιώντας μια γεννήτρια ψευδοτυχαίων αριθμών ώστε να απαιτούνται μόνο μια κεραία και μόνο ένας δέκτης G.P.S. για να γίνει η μέτρηση.

Η υγρασία στην ατμόσφαιρα μεταβάλλει την ταχύτητα διάδοσης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας παρόμοια με την μεταβολή που δημιουργεί η ιονόσφαιρα αλλά αυτό συμβαίνει στην τροπόσφαιρα. Αυτό το φαινόμενο

έχει ισχυρά τοπικό χαρακτήρα, η έντασή του μεταβάλλεται συνεχώς και με γοργούς ρυθμούς και επίσης η μεταβολή που προκαλεί στην ταχύτητα διάδοσης της ακτινοβολίας δεν σχετίζεται με τη συχνότητα της ακτινοβολίας. Έτσι η διόρθωση αυτού του σφάλματος είναι πολύ δυσκολότερη από την διόρθωση των σφαλμάτων που προκύπτουν λόγω ιονόσφαιρας.

Οι μεταβολές στο υψόμετρο μεταβάλλουν την καθυστέρηση του σήματος γιατί το σήμα περνά για λιγότερο χρόνο μέσα από την ατμόσφαιρα σε μεγαλύτερα υψόμετρα. Όμως αυτό το σφάλμα είναι σχετικά εύκολο να διορθωθεί καθώς ο δέκτης είναι σε θέση υπολογίζει χονδροειδώς το υψόμετρο.

Ένα ακόμη σφάλμα που προκύπτει είναι το σφάλμα λόγω φαινομένου πολλαπλής διαδρομής κατά το οποίο το σήμα που εκπέμπει ο δορυφόρος δεν φτάνει στο δέκτη ακολουθώντας μια ευθεία γραμμή αλλά φτάνει από σκέδαση σε κτήρια, φαράγγια, έδαφος. Αυτό το σφάλμα μπορεί να είναι σημαντικό αλλά υπάρχουν τρόποι αντιμετώπισης, κυρίως με απόρριψη των μετρήσεων που εμφανίζουν χοντροειδές σφάλμα. Τα μικρότερα σφάλματα είναι γενικά πιο δύσκολο να αντιμετωπισθούν και η σαν μόνη λύση προβάλλονται οι κατευθυντικές κεραίες. Το σφάλμα είναι συνήθως μικρότερο στα κινούμενα οχήματα γιατί τα εσφαλμένα σήματα σύντομα επανέρχονται και ο υπολογισμός της θέσης γίνεται μόνο από σήματα που συγκλίνουν σε ένα σημείο.

Η αστρονομική εφημερίδα και η ανακρίβειες του ρολογιού είναι επίσης πηγή σφαλμάτων. Το σήμα πλοήγησης αποστέλλεται από το δορυφόρο κάθε δωδεκάμισι λεπτά. Στην πραγματικότητα τα δεδομένα που εμπεριέχονται στο σήμα πλοήγησης τείνουν να είναι μη ενημερωμένα για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Αν αναλογιστούμε την περίπτωση όπου ένας δορυφόρος G.P.S. χρησιμοποιεί τους προωθητήρες του για να επανέλθει στην σωστή τροχιά, ο χρόνος που περνά καθώς ο δορυφόρος έχει φτάσει στην επιθυμητή τροχιά αλλά λόγω αδρανείας από την κίνηση της διόρθωσης συνεχίζει να παρεκκλίνει δημιουργεί λάθη, ως ότου ενημερωθεί ξανά η αστρονομική του εφημερίδα.

Το ρολόι που είναι τοποθετημένο στο δορυφόρο είναι εξαιρετικά ακριβές αλλά υποφέρει από κάποια απόκλιση η οποία παρότι είναι απειροελάχιστη μπορεί να μεταφραστεί σε σφάλμα δύο μέτρων.

Τα σφάλματα αυτού του τύπου τείνουν να έχουν πιο σταθερό χαρακτήρα από τα σφάλματα λόγω ιονόσφαιρας και συνήθως μεταβάλλονται εβδομαδιαίο ή ημερήσιο ρυθμό παρά με ωριαίο. Αυτό βοηθάει πολύ στην διόρθωσή τους η οποία γίνεται με την αποστολή ακριβέστερου ημεροδείκτη σε ένα ξεχωριστό κανάλι.

3.b.x Τεχνικές Βελτίωσης των μετρήσεων

Όπως είπαμε οι μετρήσεις του G.P.S. υπόκειται σε διάφορα σφάλματα. Μιλήσαμε για το Wide Area Augmentation System αλλά πρέπει να αναφέρουμε και τα επιπρόσθετα συστήματα όπως το διαφορικό G.P.S. το οποίο σύστημα στην ουσία, είναι ένας επίγειος «δορυφόρος» που έχει

γνωστή θέση επί της γης και αποστέλλει σήματα G.P.S. σε έναν κοντινό δέκτη, τα οποία σήματα δεν υφίστανται τόσο μεγάλη επιρροή από ατμόσφαιρα και ιονόσφαιρα και δεδομένου ότι πρόκειται για έναν ακόμη «δορυφόρο» (όσους περισσότερους έχουμε τόσο αυξάνει η ποιότητα της μέτρησης) έχουμε κατακόρυφη αύξηση της ακρίβειας. Τα αδρανειακά συστήματα πλοήγησης μπορούν να υπολογίσουν την διαφορά δύο θέσεων και έχοντας τις μετρήσεις του G.P.S. για αυτές τις θέσεις να βελτιώσουμε την ακρίβεια των μετρήσεων αυτών μιας και μιλάμε για δεδομένη απόσταση

3.b.xi Η σχετικότητα

Πολύ ενδιαφέρον είναι να δούμε τις επιρροές των σχετικιστικών φαινομένων πάνω στο σύστημα G.P.S.. Σύμφωνα με τη θεωρία της σχετικότητας, λόγω της συνεχούς κίνησης των δορυφόρων και του ύψους τους σχετικά με το γεωκεντρικό αδρανειακό σύστημα αναφοράς, τα ρολόγια των δορυφόρων επηρεάζονται από την ταχύτητα με την οποία οι δορυφόροι κινούνται (Ειδική θεωρία σχετικότητας) και από τη θέση τους στο βαρυτικό δυναμικό (Γενική θεωρία σχετικότητας).

Η Γενική θεωρία της σχετικότητας προβλέπει ότι το ατομικό ρολόι του δορυφόρου στο ύψος της τροχιάς του θα χτυπά ελαφρώς γρηγορότερα και θα σημειώνει 45900 νανοδευτερόλεπτα (ns) ανά ημέρα και αυτό γιατί ο δορυφόρος βρίσκεται σε ασθενέστερο βαρυτικό πεδίο από αυτό που βρίσκεται το ρολόι του δέκτη στην επιφάνεια της γης

Η Ειδική θεωρία της σχετικότητας προβλέπει ότι το ρολόι του δορυφόρου θα χτυπά πιο αργά κατά 7200 νανοδευτερόλεπτα (ns) ανά ημέρα λόγω της τροχιακής ταχύτητας του δορυφόρου.

Κάνοντας την αφαίρεση έχουμε το ρολόι του δορυφόρου να κερδίζει 38 μικροδευτερόλεπτα τη μέρα, δηλαδή 44,65 μέρη στο δισεκατομμύριο. Για να αντισταθμιστεί αυτό η συχνότητα του ρολογιού ρυθμίζεται πριν την εκτόξευση του δορυφόρου, στη γη, σε χαμηλότερη ταχύτητα. Έτσι αντί για τα 10.23 MHz που προβλέπουν οι προδιαγραφές το ρολόι ρυθμίζεται στα 10.22999999543 MHz.

Ακόμη οι παρατηρήσεις πρέπει να διορθωθούν ώστε να απαλειφθεί ένα ακόμα σχετικιστικό φαινόμενο, το φαινόμενο Sagnac. Η χρονική κλίμακα του G.P.S. καθορίζεται από ένα αδρανειακό σύστημα αλλά οι παρατηρήσεις γίνονται από το γεωκεντρικό περιστρεφόμενο σύστημα στο οποίο δεν υπάρχει ορισμένη χρονική ταυτοσημία για τις παρατηρήσεις. Οι μετασχηματισμοί Lorentz μεταξύ των δύο συστημάτων μεταβάλλουν τον χρόνο του σήματος και είναι απαραίτητη μια διόρθωση η οποία μάλιστα έχει αντίθετα αλγεβρικά πρόσημα για τους δορυφόρους του ανατολικού και δυτικού ουράνιου ημισφαιρίου. Αν παραλείψουμε αυτή τη διόρθωση θα παραχθεί ένα σφάλμα της τάξης των εκατοντάδων νανοδευτερολέπτων, δηλαδή δεκάδων μέτρων χωρικά.

3.b.xii Επιλεκτική Διαθεσιμότητα

Το σύστημα G.P.S. λειτουργεί με την αρχή της επιλεκτικής διαθεσιμότητας (Selective Availability ή SA) που εφόσον ενεργοποιηθεί εισάγει τυχαία σφάλματα μέχρι της τάξεως των 100 μέτρων στα πολιτικά συστήματα πλοήγησης. Αυτό αποκλείει τη χρήση του συστήματος για την καθοδήγηση πυραύλων μεγάλου βεληνεκούς οι οποίοι μπορούν να καταφέρουν χτυπήματα ακριβείας. Βέβαια τον περιορισμό αυτόν δεν υφίστανται όσοι έχουν τους κατάλληλους κώδικες αποκρυπτογράφησης όπως ο στρατός των ηνωμένων πολιτειών, οι συμμαχικές τους δυνάμεις και μερικοί ακόμα χρήστες όπως κυβερνητικές υπηρεσίες.

Το σύστημα επιλεκτικής διαθεσιμότητας στην πράξη προσέθετε σφάλματα της τάξης των 10 μέτρων περίπου οριζοντίως και 30 μέτρων καθέτως. Η ανακρίβεια του σήματος που είναι διαθέσιμο για πολιτική χρήση είναι εσκεμμένα τέτοια ώστε να μην μεταβάλλεται πολύ γρήγορα, για παράδειγμα ολόκληρη η περιοχή των ανατολικών Ηνωμένων Πολιτειών μπορεί να έχει σφάλμα 30 μέτρων αλλά, 30 μέτρων από οπουδήποτε και κατά την ίδια διεύθυνση. Για να βελτιωθεί η πλοήγηση με χρήση G.P.S. σε παλαιότερους καιρούς όπου το σύστημα επιλεκτικής διαθεσιμότητας ήταν ενεργοποιημένο χρησιμοποιούνταν επίσης και το σύστημα του διαφορικού G.P.S.

Κατά τον πρώτο πόλεμο του περσικού κόλπου η έλλειψη σε G.P.S. στρατιωτικού τύπου και η ευκολία στην εύρεση πολιτικού τύπου G.P.S. από το προσωπικό του στρατού οδήγησε στην απόφαση να απενεργοποιηθεί το σύστημα τη επιλεκτικής διαθεσιμότητας. Το ειρωνικό ήταν ότι το σύστημα αυτό είχε σχεδιαστεί για παρόμοιες καταστάσεις επιτρέποντας στον στρατό και στους συμμάχους ακριβή πλοήγηση και την ίδια στιγμή απαγορεύοντας τους εχθρούς να το χρησιμοποιήσουν. Από τη στιγμή όμως που το σύστημα προκαλούσε πρόβλημα στο στρατό και στις συμμαχικές δυνάμεις αποφασίσθηκε ότι έπρεπε να απενεργοποιηθεί. Έτσι το 1990 η ομοσπονδιακή αεροπορική διοίκηση (Federal Aviation Administration) αποφάσισε το σύστημα επιλεκτικής διαθεσιμότητας να απενεργοποιηθεί μόνιμα πράγμα που οδήγησε σε μεγάλα οικονομικά οφέλη την ίδια γιατί δεν χρειαζόταν πλέον δικά της εξειδικευμένα συστήματα πλοήγησης. Έτσι παρά τις αντιρρήσεις του στρατού την πρώτη Μαΐου 1990 το σφάλμα της επιλεκτικής διαθεσιμότητας ορίστηκε σε μηδέν μέτρα. Θεωρητικά σύστημα επιλεκτικής διαθεσιμότητας μπορεί να ενεργοποιηθεί οποιαδήποτε στιγμή αλλά μια τέτοια κίνηση κρίνεται μάλλον απίθανη γιατί θα επέφερε επιπρόσθετα κόστη και μεγάλους κινδύνους. Σαν αντίμετρο από τον αμερικανικό στρατό δημιουργήθηκε μια νέα μέθοδος με την οποία μπορεί τοπικά να απενεργοποιηθεί η πρόσβαση στο σύστημα G.P.S. από τους πάντες και τις εχθρικές δυνάμεις πλην του στρατού και να συνεχίζεται η υπηρεσία απρόσκοπτα σε όλο τον υπόλοιπο πλανήτη.

Μια ενδιαφέρουσα από τεχνικής σκοπιάς παρενέργεια του υλικού υπολογιστικού μέρους που χρειάζεται για την επιλεκτική διαθεσιμότητα είναι η ικανότητα να διορθώνονται οι παρεκκλίσεις στις συχνότητες των ατομικών ρολογιών καισίου και ρουβιδίου με να επιτυγχάνονται ακρίβειες τις

τάξης του 2×10^{-13} δηλαδή ένα μέρος στα πέντε τρισεκατομμύρια. Αυτή η επίδοση είναι πολύ καλύτερη από τις αρχικές προδιαγραφές των ρολογιών.

3.b.xiii Ημερομηνία και ώρα

Παρότι τα περισσότερα ρολόγια συγχρονίζονται με τον συγχρονισμένο παγκόσμιο χρόνο (Coordinated Universal Time ή UTC) τα ατομικά ρολόγια των δορυφόρων είναι συγχρονισμένα με τον χρόνο G.P.S.. Η διαφορά με χρόνο G.P.S. είναι ότι δεν υπάρχει υπερπήδηση δευτερολέπτων (leap seconds) ή άλλες διορθώσεις που περιοδικά επιβάλλονται στο σύστημα UTC. Ο χρόνος G.P.S. αρχικά ορίστηκε ίσος με τον συγχρονισμένο παγκόσμιο χρόνο το 1980 αλλά έκτοτε έχει παρεκκλίνει. Η έλλειψη αυτών των διορθώσεων σημαίνει μια διαφορά 19 δευτερολέπτων από τον διεθνή ατομικό χρόνο (International Atomic Time ή TAI). Περιοδικές διορθώσεις επιβάλλονται στα ρολόγια των δορυφόρων για να διορθωθούν σφάλματα σχετικιστικού χαρακτήρα και να παραμείνουν τα ρολόγια αυτά συγχρονισμένα με τα αντίστοιχα επίγεια.

Το μήνυμα πλοήγησης του G.P.S. εμπεριέχει και τη διαφορά του χρόνου G.P.S. και του συγχρονισμένου παγκόσμιου χρόνου (η οποία για το 2006 ήταν 14 δευτερόλεπτα). Οι δέκτες κάνουν την αφαίρεση για να υπολογίσουν τον συγχρονισμένο παγκόσμιο χρόνο και την χρονική ζώνη. Οι νέοι δέκτες G.P.S. μπορεί να μην απεικονίζουν τον σωστό συγχρονισμένο παγκόσμιο χρόνο μέχρι να λάβουν το πρώτο μήνυμα πλοήγησης. Ο τύπος δεδομένων που κρατά διαφορά μεταξύ χρόνου G.P.S και παγκόσμιου συγχρονισμένου χρόνου είναι ένα byte (ή 8 bit) χωρίς πρόσημο που σημαίνει ότι μπορεί να κρατήσει τιμές μεταξύ 0 και 255. Με τον ρυθμό που αυξάνει η διαφορά αυτό το σύστημα θα μπορεί να μας δίνει έγκυρες τιμές μέχρι το έτος 2330.

Σε αντίθεση με το Ιουλιανό ημερολόγιο όπου ορίζει έτος μήνα και ημέρα, η ημερομηνία του G.P.S. εκφράζεται σε εβδομάδες και ημέρες της εβδομάδας. Ο αριθμός της εβδομάδας μεταδίδεται σαν πληροφορία μεγέθους 10 bit πράγμα που μεταφράζεται σε 1024 πιθανές τιμές ή 19.6 έτη. Η εβδομάδα μηδέν αρχίζει όταν ο συγχρονισμένος παγκόσμιος χρόνος έχει την τιμή 00:00:00 (ή 00:00:00 TAI) την 6η Ιανουαρίου 1980 και γίνεται για πρώτη φορά μηδέν στις 23:59:47 της 21ης Αυγούστου 1999. Για να υπολογιστεί η τρέχουσα ημέρα του Γρηγοριανού ημερολογίου πρέπει να εισάγουμε στον δέκτη προσεγγιστικά (εντός 3584 ημερών) την ημερομηνία οπότε και να υπάρξει σωστή μετάφραση του συστήματος πλοήγησης του GPS. Για να αντιμετωπιστούν πιθανά προβλήματα α εκσυγχρονισμένα G.P.S. χρησιμοποιούν πεδίο μήκους 13 bit που κρατά εύρος 8192 τιμών (που μεταφράζονται σε 157 έτη) και έτσι ο μηδενισμός θα επέλθει ξανά το έτος 2137.

3.b.xiv Ο εκσυγχρονισμός

Στα πλαίσια των απαιτήσεων του προγράμματος για πλήρη επιχειρησιακή ικανότητα την 17η Ιουλίου 1995 το G.P.S. επέτυχε τον αρχικό του στόχο. Παρόλα αυτά επιπρόσθετες τεχνολογίες και νέες απαιτήσεις

πάνω στο υπάρχον σύστημα οδήγησαν στον εκσυγχρονισμό του συστήματος G.P.S.. το 2000 το Κογκρέσο των Ηνωμένων Πολιτειών ενέκρινε το πρόγραμμα και ονόμασε το πρόγραμμα αυτό G.P.S. III.

Το πρόγραμμα στοχεύει στην βελτιστοποίηση της ακρίβειας και τις διαθεσιμότητας για όλους τους χρήστες και εμπεριέχει νέους επίγειους σταθμούς, νέους δορυφόρους και τέσσερα νέα μηνύματα πλοήγησης. Τα νέα πολιτικά μηνύματα ονομάζονται L2C (το προαναφέραμε), L5 και L1C και ο νέος στρατιωτικής χρήσης κώδικας ονομάζεται κώδικας M. Αρχική χρήση του κώδικα L2C αναμένεται το 2008 με στόχο το 2013 να ολοκληρωθεί το πρόγραμμα και έχουν προβλεφτεί κίνητρα στους συμβαλλόμενους να ολοκληρώσουν το πρόγραμμα πριν το 2011.

3.b.xv Χρήσεις

Παρότι το G.P.S. σχεδιάστηκε για στρατιωτική χρήση, θεωρείται διττού χαρακτήρα γιατί έχει σημαντικές πολιτικές και στρατιωτικές εφαρμογές.

Όσο αφορά τις στρατιωτικές εφαρμογές το G.P.S. επιτρέπει την ακριβή στόχευση πολλών στρατιωτικών όπλων όπως, διηπειρωτικών βαλλιστικών πύραυλων, πύραυλων τύπου cruise και βλημάτων για χτυπήματα ακριβείας. Επίσης χρησιμοποιείται για να καθοδηγήσει και συντονίσει τις κινήσεις του στρατού και τον προμηθειών. Επίσης οι δορυφόροι του G.P.S. με το σύστημα ανίχνευσης πυρηνικών εκρήξεων παίζουν σημαντικό ρόλο στην εφαρμογή των διεθνών συνθηκών για τις πυρηνικές δοκιμές.

Οι πολιτικές χρήσεις είναι πολλές και εστιάζουν στον εντοπισμό θέσης, στον υπολογισμό των σχετικών μετακινήσεων και στην παροχή ακριβής χρονικής πληροφορίας. Πέραν της πλοήγησης ο δέκτης G.P.S. μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σαν όργανο τοπογραφίας. Η παροχή ακριβής χρονικής πληροφορίας χρησιμοποιείται από συστήματα όπως το CDMA ψηφιακής κυψέλης ώστε να συγχρονίζονται οι σταθμοί μεταξύ τους και να μπορούν με χρήση υβριδίου G.P.S./CDMA να εντοπίζονται οι κλήσεις άμεσης ανάγκης.

Το G.P.S. μας επιτρέπει ακόμα να ανακαλύψουμε το περιβάλλον της γης και μελετήσουμε την ατμόσφαιρα, την ιονόσφαιρα και το βαρυτικό πεδίο. Η μελέτη σεισμών με χρήση του συστήματος G.P.S. έχει φέρει επανάσταση στη μελέτη των τεκτονικών πλακών και είμαστε σε θέση πλέον να υπολογίζουμε τις μετακινήσεις τους κατά το σεισμό

Ακόμα για να αποτραπεί η χρήση των συστημάτων G.P.S. που προορίζονται για πολιτική χρήση για στρατιωτικούς σκοπούς οι δέκτες G.P.S. που εξάγονται από τις Ηνωμένες Πολιτείες για πολιτικούς σκοπούς έγκειται σε περιορισμούς ταχύτητας και ύψους. Κανένας δέκτης δεν μπορεί να εξαχθεί από τη χώρα εφόσον δεν φέρει περιορισμό στη λειτουργία του ώστε να μην του επιτρέπεται να κινηθεί με ταχύτητα μεγαλύτερη των 1000 κόμβων (δηλαδή 515 μέτρα το δευτερόλεπτο) ή να λειτουργήσει σε υψόμετρο μεγαλύτερο των 18 χιλιομέτρων (60.000 πόδια).



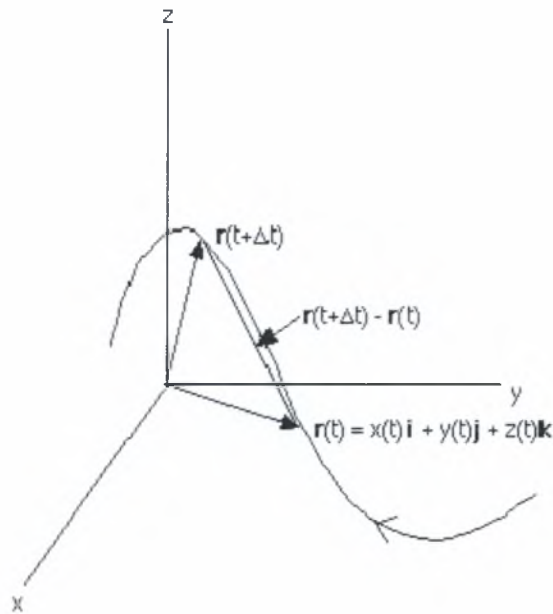
Εικόνα 3.b.xv) Δέκτης G.P.S. πακτωμένος σε δωμάτιο εργαστήριο με σκοπό να παρέχει με ακρίβεια την τρέχουσα χρονική στιγμή στον ερευνητικό εξοπλισμό.

3.c Το Αυτοκίνητο

3.c.i Η κίνησή του αυτοκινήτου στο χώρο

Στη θέση αυτή θα μπορούσε να υπάρχει μια εισαγωγική παράγραφος περί του τι είναι το αυτοκίνητο όπως υπάρχει εισαγωγική παράγραφος για το G.P.S. το VBOX και το IMU. Δεν υπάρχει όμως γιατί μιλάμε για κάτι που εμπλέκεται τόσο στην καθημερινότητά μας όσο λίγα πράγματα.

Η τροχιά του αυτοκινήτου στο χώρο είναι συνάρτηση συνεχής και παραγωγίσιμη. Για κάθε χρονική στιγμή έχουμε τη θέση στην οποία βρίσκεται το αυτοκίνητο ή ποιο θεωρητικά το διάνυσμα που δίνει την μετατόπιση από την αρχική θέση και το διάνυσμα της ταχύτητας το οποίο προκύπτει από την παραγωγή του διανύσματος της θέσεως ως προς το χρόνο. Με αντίστοιχη λογική μπορούμε να υπολογίσουμε το διάνυσμα της επιτάχυνσης ή το διάνυσμα του ρυθμού μεταβολής της επιτάχυνσης (ως προς το χρόνο).



Εικόνα 3.ε.1.1) Η γραφική απεικόνιση του διανύσματος ταχύτητας όπως προκύπτει από παραγώγιση του διανύσματος θέσεως.

Η Σχέση μεταξύ διανύσματος θέσεως και ταχύτητας δίνεται από τους τύπους:

$$\mathbf{v}(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\mathbf{r}(t+\Delta t) - \mathbf{r}(t)}{\Delta t}$$

$$\mathbf{v}(t) = \frac{dx}{dt} \mathbf{i} + \frac{dy}{dt} \mathbf{j} + \frac{dz}{dt} \mathbf{k}$$

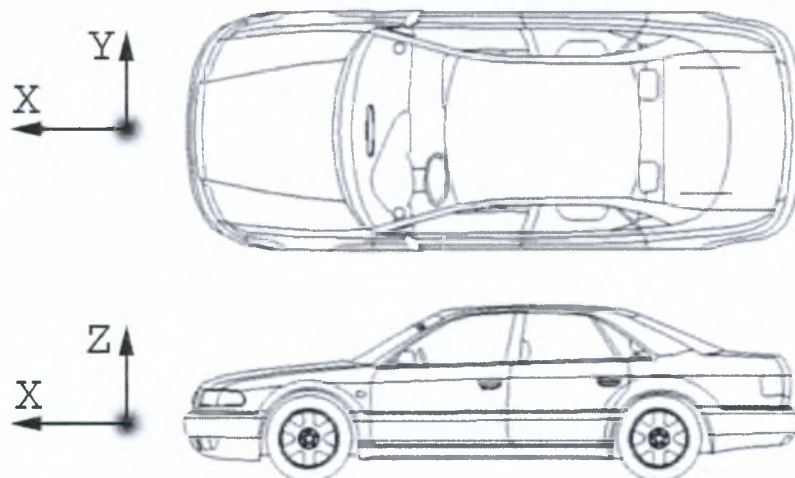
Η Τρέχουσα ταχύτητα δίνεται από το μήκος του διανύσματος της ταχύτητας. Ακριβώς τα ίδια ισχύουν και για την επιτάχυνση. Αρκεί όμως η θέση του αυτοκινήτου; Υπάρχουν άλλα μεγέθη που να μας δίνουν πληροφορίες για την πορεία του στο δρόμο;

Το αυτοκίνητο σαν στέρεο σώμα έχει 6 άξονες βαθμούς ελευθερίας, 3 άξονες κατά τους οποίους μπορεί να κινείται 3 γύρο από τους οποίους μπορεί να περιστρέφεται. Οι άξονες αυτοί μπορεί να ταυτίζονται αλλά πάντα δίνουν 6 βαθμούς ελευθερίας. Από την παραγώγιση των στροφικών μετακινήσεων προκύπτει ο ρυθμός περιστροφής ως προς τους αντίστοιχους άξονες.

Έως εδώ τα πράγματα είναι όπως θα τα περιέγραφε ένα βιβλίο κλασσικής φυσικής ελεύθερου σώματος. Στην περίπτωση του αυτοκινήτου όμως ισχύουν μερικοί ακόμα περιορισμοί και πρέπει να γίνει αναφορά στους άξονες αναφοράς. Οι άξονες αναφοράς είναι ένα ορθοκανονικό σύστημα X-Y-Z με τον άξονα Z να είναι κάθετος στο επίπεδο του εδάφους, τον άξονα X να κοιτά προς το βόρειο πόλο και τον άξονα Y στον ισημερινό. Στη η γεωμετρία της σφαίρας δεν είναι ίδια με τη γεωμετρία ενός καρτεσιανού συστήματος αλλά στην περίπτωσή μας γίνεται προσέγγιση.

Όμως δεν μας ενδιαφέρει μόνο το διάνυσμα της τροχιάς στο χώρο αλλά και η ταχύτητα και οι επιταχύνσεις οι οποίες μάλιστα μας βολεύει να εκφραστούν σε ένα σύστημα συντεταγμένων σταθερό προς το αυτοκίνητο. Έτσι ορίζουμε τους άξονες $X'-Y'-Z'$ όπου έχουμε τον X' παράλληλο στον διαμήκη άξονα του αυτοκινήτου, τον Y' στον εγκάρσιο και τον Z' κάθετο στους 2 άξονες και κάθετο στο επίπεδο της οροφής του αυτοκινήτου.

Ακόμη εκτός της περίπτωσης της ελεύθερης πτώσης, ή της περίπτωσης στην οποία το αυτοκίνητο ολισθαίνει πληρείται και ένα ακόμη κριτήριο. Η συνιστώσες της ταχύτητας παράλληλες με τους άξονες Y' και Z' είναι πάντα μηδενικές. Ξεκινώντας από αυτό τον ορισμό μπορούμε με δεδομένη την τροχιά του αυτοκινήτου σε ένα σύστημα $X-Y-Z$ (όπως μας τη δίνει το G.P.S.) και να υπολογίσουμε την τροχιά του αυτοκινήτου σε ένα σύστημα $X'-Y'-Z'$ αλλά και να υπολογίσουμε την διεύθυνση του αυτοκινήτου αφού ορίσαμε ότι το νέο σύστημα συντεταγμένων είναι πάντα παράλληλο με την διεύθυνση του αυτοκινήτου.

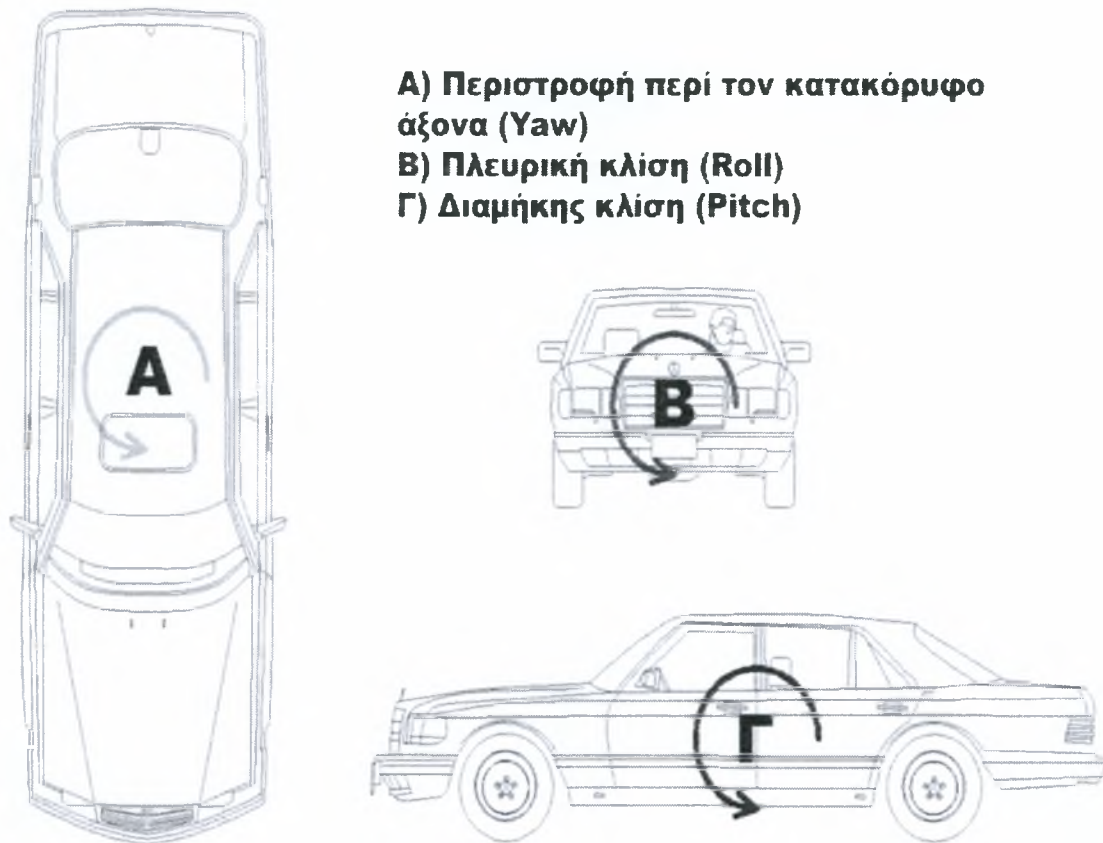


Εικόνα 3.c.i.2) Το σύστημα $X'-Y'-Z'$ στο οποίο ο άξονας X' συμπίπτει πάντα με την διεύθυνση του αυτοκινήτου.

Το αυτοκίνητο στο σύστημα $X-Y-Z$ έχει 3 στροφικούς βαθμούς ελευθερίας. Την περιστροφή περί τον κατακόρυφο άξονα που ονομάζουμε Yaw, την πλευρική κλίση που ονομάζουμε Roll και την διαμήκη κλίση που ονομάζουμε Pitch. Στο σύστημα $X'-Y'-Z'$ οι τιμές των Roll Yaw και Pitch είναι εξ ορισμού μηδέν.

Όπως θα δούμε αργότερα αν προσπαθήσουμε να συγκρίνουμε τις μετρήσιμες Pitch, Yaw, Roll τιμές των γυροσκοπίων που έχουν προσαρμοστεί στο πλαίσιο με τις υπολογισμένες τιμές Pitch, Yaw, Roll που προκύπτουν από την παραδοχή ότι άξονες του αυτοκινήτου ακολουθούν το ανάγλυφο του δρόμου (με απλά λόγια την παραδοχή ότι οι ρόδες του αυτοκινήτου πατάνε στο δρόμο) μπορούμε να υπολογίσουμε τις διαμήκεις και εγκάρσιες κλίσεις του πλαισίου του αυτοκινήτου που οφείλονται στην

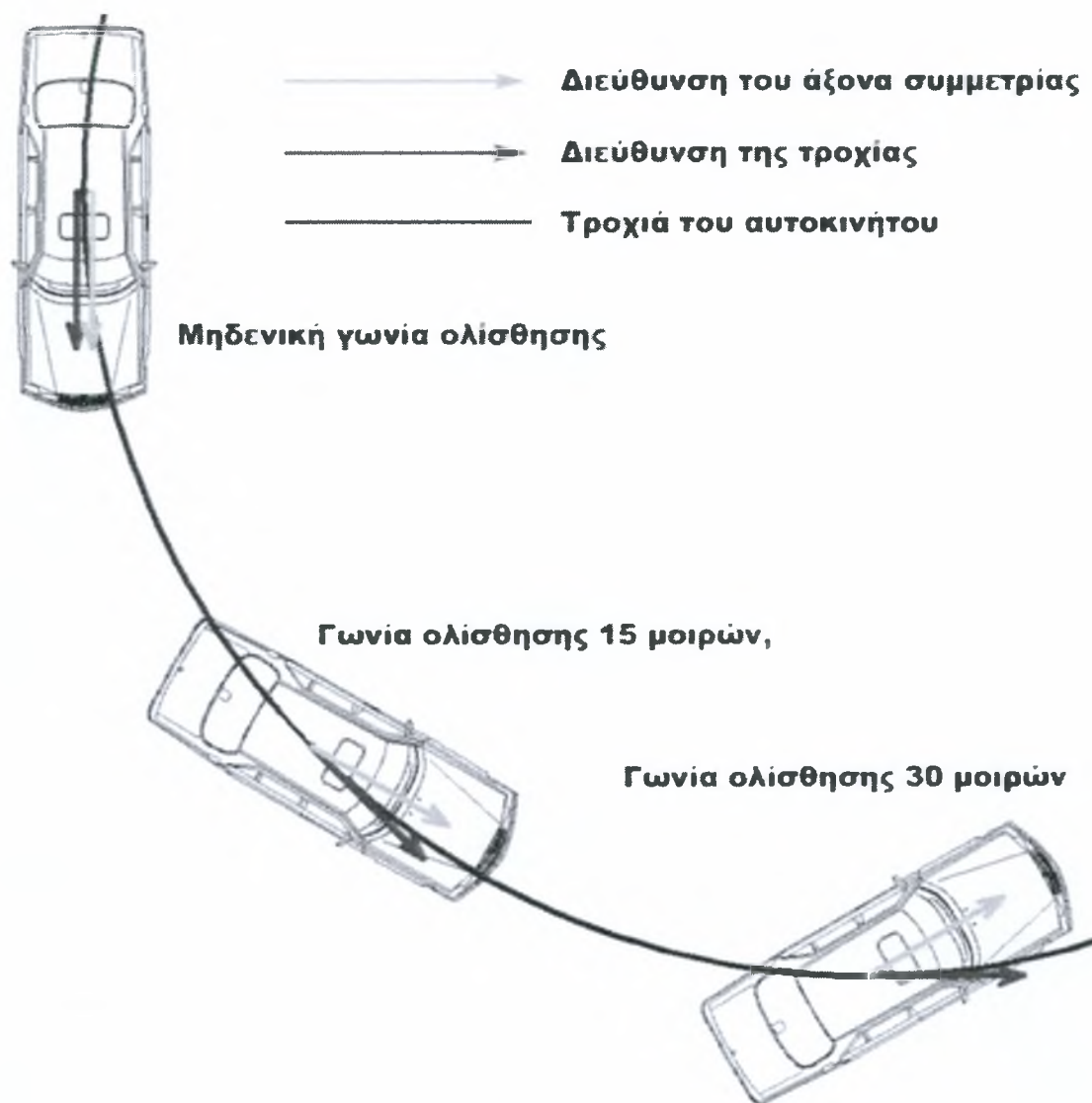
λειτουργία της ανάρτησης. Επίσης ο ρυθμός κατακόρυφης περιστροφής παραγωγιζόμενος ως προς την ταχύτητα του οχήματος μπορεί να μας δώσει μια προσέγγιση του πόσο ο οδηγός έστρεψε τη στεφάνη του τιμονιού.



Εικόνα 3.c.i.3) Οι τρεις στροφικοί άξονες του αυτοκινήτου και η ονομασία τους.

Αναφερθήκαμε στην σύγκριση δεδομένων που προκύπτουν από επεξεργασία των δεδομένων θέσης και την σύγκρισή τους με τα δεδομένα γυροσκοπίων και επιταχυνσιόμετρων. Έτσι έχουμε ακόμα την τροχιά που προκύπτει την περιστροφή του κατακόρυφου άξονα και την περιστροφή που προκύπτει από τα δεδομένα του γυροσκοπίου. Αυτά τα δυο μεγέθη πρέπει προφανώς να συμφωνούν έστω και προσεγγιστικά (τουλάχιστον για επικλήσεις μικρότερες 5% όπως αναφέρει το εγχειρίδιο του εξοπλισμού). Στην περίπτωση που δεν συμφωνούν έχουμε πλαγιολίσθηση.

Στην περίπτωση της πλαγιολίσθησης μπορούμε να ορίσουμε τη γωνία ολίσθησης (slip angle) η οποία σχηματίζεται σε ένα οποιοδήποτε σημείο της τροχιάς του αυτοκινήτου μεταξύ: του εφαπτόμενου στην καμπύλη της τροχιάς διανύσματος και του διανύσματος που είναι παράλληλο στον άξονα συμμετρίας του αυτοκινήτου (διαμήκης άξονας).



Εικόνα 3.c.i.4) Η γωνία ολίσθησης.

3.c.ii Τα αυτοκίνητα της δοκιμής

Για να μπορέσουμε να δούμε πως κυμαίνεται η συμπεριφορά του δείγματος τον οδηγών σκόπιμο ήταν να χρησιμοποιηθούν περισσότερα του ενός αυτοκίνητα τα οποία μάλιστα διέφεραν σημαντικά σε επιδόσεις και οδική συμπεριφορά. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήσαμε:

- ❖ Ένα μικρό αυτοκίνητο πόλης (Daewoo Matiz)
- ❖ Ένα εκτός δρόμου όχημα (Suzuki Vitara)
- ❖ Δύο οικογενειακά αυτοκίνητα (Carina II και Carina E)
- ❖ Ένα υπερτροφοδοτούμενο διθέσιο σπορ αυτοκίνητο (Audi TT).

Η απόδοση ήταν κλιμακούμενη με το αυτοκίνητο πόλης να ξεκινά 800 κυβικά εκατοστά σε χωρητικότητα κινητήρα και 51 ίππους (37.5 KW) σε ισχύ περνώντας από τους 97 (72KW) ίππους στα 1600 κυβικά του εκτός δρόμου και από τους 116 (87KW) ίππους του οικογενειακού επίσης στα 1600 κυβικά και καταλήγοντας σε 1800 κυβικά στο σπορ αυτοκίνητο και 150 ίππους (110.2 kw).

Επίσης υπήρχε και διαφοροποίηση ως προς το κέντρο βάρους και το ύψος των οχημάτων καθώς και τους κινητήριους τροχούς αν και 3 από τα 4 αυτοκίνητα διέθεταν την κίνηση μπροστά όπως και η πλειονότητα των αυτοκινήτων στη χώρα μας. Επίσης το δείγμα των αυτοκινήτων είναι το πλέον αντιπροσωπευτικό για την Ελλάδα που λόγω της φορολογίας η συντριπτική πλειοψηφία των αυτοκινήτων περιορίζεται κάτω από τα 2000κ.εκ. με τα ακριβότερα εξ αυτών να χρησιμοποιούν σύστημα υπερτροφοδότησης ώστε να πετύχουν υψηλή ισχύ χωρίς να αυξάνεται ο κυβισμός του κινητήρα και να εκπέμπουν του αφορολογήτου ορίου των 2000κ.εκ

Λόγω του ότι δεν είχαμε πλήρεις μετρήσεις από όλους στο ένα οικογενειακό αυτοκίνητο κρατήσαμε μόνο την μέτρηση του ενός (Carina E). Οι όποιες μετρήσεις έγιναν στα 2 οικογενειακά αυτοκίνητα συμπίπτουν σε τόσο μεγάλο βαθμό ώστε να καθίσταται περιττό το ένα εκ των δύο δειγμάτων.

Στις επόμενες σελίδες παραθέτονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά των αυτοκινήτων, φωτογραφίες καθώς και σχόλια.

Αυτοκίνητο πόλης:



Εικόνα: 3.c.ii.1) Το αυτοκίνητο πόλης της δοκιμής

Ο Βενιαμίν της δοκιμής με μόλις 51 ίππους υποθέτουμε ότι θα κινηθεί με τους αργότερους ρυθμούς και με τη μικρότερη διακύμανση σε θέμα ταχυτήτων με διαφορετικούς οδηγούς. Θα εξετάσουμε κατά πόσο αληθεύει η υπόθεση μας στο κεφάλαιο των αποτελεσμάτων. Επίσης θα εξετάσουμε το κατά πόσο μοιάζουν οι ταχύτητες ανάβασης και κατάβασης του ίδιου σημείου μίας ανωφέρειας μίας και στη δεδομένη περίπτωση το αυτοκίνητο δεν έχει την απαιτούμενη ισχύ.

Τεχνικά Χαρακτηριστικά:

Κατασκευαστής	Daewoo
Μοντέλο	Matiz
Κυβισμός	790 κυβικά εκατοστά
Αριθμός κυλίνδρων	3
Ισχύς	51 ίπποι στις 5900 Σ.Α.Λ. (37.5KW)
Μετάδοση	Εμπρός / Χειροκίνητο κιβώτιο 5 ταχυτήτων
Μέγιστη ταχύτητα	144 Χ.Α.Ω
Επιτάχυνση 0-100 Χ.Α.Ω.	17 Δευτερόλεπτα
Διαστάσεις Μ-Π-Υ	3495-1495-1315 (χιλιοστά)
Βάρος	835 κιλά
Διαστάσεις ελαστικών	145/70/13

Εκτός δρόμου αυτοκίνητο:



Εικόνα: 3.c.ii.2) Το αυτοκίνητο εκτός δρόμου.

Στο εκτός δρόμου θα εξετάσουμε το κατά πόσον έχουμε αυξημένες κλίσεις στις στροφές και κατά πόσο το επηρεάζει τους οδηγούς αίσθημα ανασφάλειας λόγω του υψηλού κέντρου βάρους του αυτοκινήτου καθώς και πόσο επηρεάζει την ταχύτητα στις στροφές. Επίσης παρότι υπάρχει η επιλογή για μετάδοση της κίνησης στους 4 τροχούς μιας και όλη η διαδρομή ήταν εντός δρόμου είχαμε επιλέξει η κίνηση κατά τη διάρκεια των μετρήσεων να μεταδίδεται μόνο στους πίσω τροχούς.

Τεχνικά Χαρακτηριστικά :

Κατασκευαστής	Suzuki
Μοντέλο	Vitara
Κυβισμός	1597 κυβικά εκατοστά
Αριθμός κυλίνδρων	4
Ισχύς	97 ίπποι στις 5900 Σ.Α.Λ. (71 KW)
Μετάδοση	Πίσω / Χειροκίνητο κιβώτιο 5 ταχυτήτων
Μέγιστη ταχύτητα	160 Χ.Α.Ω
Επιτάχυνση 0-100 Χ.Α.Ω.	14.1 Δευτερόλεπτα
Διαστάσεις Μ-Π-Υ	4005-1810-1695 (χιλιοστά)
Βάρος	1385 κιλά
Διαστάσεις ελαστικών	205/65/16

Οικογενειακό αυτοκίνητο:



Εικόνα: 3.c.ii.3) Το οικογενειακό αυτοκίνητο της δοκιμής

Το τυπικό για τους ελληνικούς δρόμους οικογενειακό αυτοκίνητο μπορεί χρησιμοποιηθεί ως μέτρο σύγκρισης για να δούμε πόσο γρηγορότερα κινήθηκαν οι οδηγοί στο σπορ αυτοκίνητο ή αντίστοιχα το αργό αν και το συγκεκριμένο μοντέλο είναι αρκετά γρηγορότερο από το μέσο όρο της κατηγορίας του.

Τεχνικά Χαρακτηριστικά:

Κατασκευαστής	Toyota
Μοντέλο	Carina E
Κυβισμός	1597 κυβικά εκατοστά
Αριθμός κυλίνδρων	4
Ισχύς	116 ίπποι στις 5900 Σ.Α.Λ. (85.2KW)
Μετάδοση	Εμπρός / Χειροκίνητο κιβώτιο 5 ταχυτήτων
Μέγιστη ταχύτητα	190 Χ.Α.Ω
Επιτάχυνση 0-100 Χ.Α.Ω.	11 Δευτερόλεπτα
Διαστάσεις Μ-Π-Υ	4530-1695-1410 (χιλιοστά)
Βάρος	1260 κιλά
Διαστάσεις ελαστικών	185/65/14

Το σπόρ αυτοκίνητο



Εικόνα: 3.c.ii.4) Το σπορ αυτοκίνητο της δοκιμής

Στο σπορ αυτοκίνητο θα δούμε πόσο γρηγορότερα κινείται ένας έμπειρος και πόσο ένας άπειρος σε σχέση με τα άλλα αυτοκίνητα καθώς στο συγκεκριμένο αυτοκίνητο πέρα από καλύτερη ανάρτηση και λάστιχα υπάρχει και ηλεκτρονικό σύστημα ευστάθειας (ESP) που επαναφέρει το αυτοκίνητο στην επιθυμητή πορεία φρενάροντας τον κάθε τροχό ξεχωριστά.

Τεχνικά Χαρακτηριστικά:

Κατασκευαστής	Audi
Μοντέλο	TT
Κυβισμός	1781 κ.εκ. (Υπερτροφοδοτούμενος)
Αριθμός κυλίνδρων	4
Ισχύς	150 ίπποι στις 5700 Σ.Α.Λ. (110 KW)
Μετάδοση	Εμπρός / Χειροκίνητο κιβώτιο 5 ταχυτήτων
Μέγιστη ταχύτητα	214 Χ.Α.Ω
Επιτάχυνση 0-100 Χ.Α.Ω.	8,9 Δευτερόλεπτα
Διαστάσεις Μ-Π-Υ	4041-1856-13,46 (χιλιοστά)
Βάρος	1335 κιλά
Διαστάσεις ελαστικών	225/45/17

↓ 3.d To VBOX

3.d.i Τι είναι το VBOX

Το VBOX II της racelogic είναι ένα όργανο μετρήσεων που χρησιμοποιεί την τεχνολογία του G.P.S. ώστε παράγει μετρήσεις σχετικά με την τροχιά του αυτοκινήτου. Η βασική του λειτουργία είναι να μετρά αρχικά την αρχική θέση του αυτοκινήτου στο χώρο με το σύστημα G.P.S. και κατόπιν μέσω της επιρροής του φαινομένου Doppler πάνω στο σήμα του G.P.S. να μετρά την ταχύτητα του οχήματος με εξαιρετική ακρίβεια. Οι μετρούμενες αυτές ποσότητες, μπορούν προ ή μετά επεξεργασίας να αποθηκευτούν με σταθερό ρυθμό δειγματοληψίας σε κανάλια δεδομένων παράλληλα με δεδομένα που στέλνουμε από άλλους αισθητήρες.

Το VBOX αποτελείται από την μονάδα επεξεργασίας και καταγραφής, στην οποία βρίσκεται ένας δέκτης G.P.S., ένας οδηγός κάρτας μνήμης Compact Flash, ο επεξεργαστής μαζί με τη μνήμη του, οι είσοδοι / έξοδοι δεδομένων, οι ενδεικτικές λυχνίες και οι θέσεις σύνδεσης της κεραίας καθώς και της τροφοδοσίας.



Εικόνα 4.c.i.1) Η μονάδα επεξεργασίας και καταγραφής του Vbox

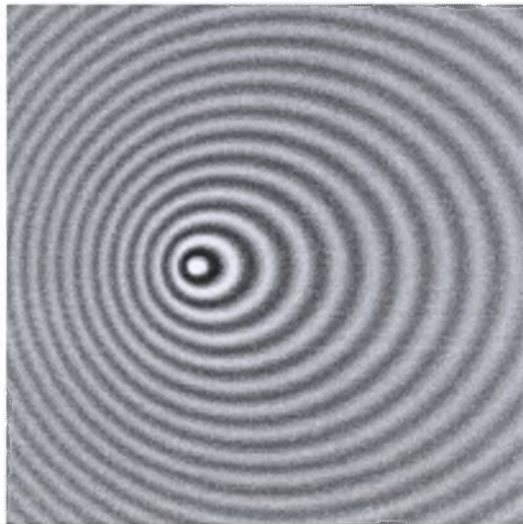
3.d.ii Το φαινόμενο Doppler.

Παρακολουθώντας τη δομή αυτής της εργασίας θα παρατηρήσετε ότι αυτό το κεφάλαιο είναι στη θέση του κεφαλαίου «πώς λειτουργεί το VBOX». Αυτό συμβαίνει γιατί το VBOX μπορεί να χρησιμοποιεί τις μετρήσεις του G.P.S. αλλά στην πραγματικότητα η μετρήσεις θέσεως είναι πολύ σπάνιες, το VBOX βασίζεται περισσότερο στην μετρούμενη αλλοίωση του σήματος του G.P.S. από το φαινόμενο Doppler παρά στο ίδιο το σήμα του G.P.S..

Έτσι κρίθηκε αναγκαίο ένα κεφάλαιο που να εξηγεί το φαινόμενο περιληπτικά.

Όταν μια πηγή ήχου κινείται σε σχέση με εμάς όπως για παράδειγμα ο κινητήρας ενός αυτοκινήτου που περνάει με κάποια ταχύτητα από κοντά μας παρατηρούμε αλλοίωση της συχνότητας του ήχου καθώς μας προσπερνάει. Αυτή είναι η συνηθέστερη εμπειρία του φαινομένου Doppler που έχουμε από την καθημερινή μας ζωή. Σε τι οφείλεται αυτή η αλλοίωση στη συχνότητα; Η αλλοίωση αυτή οφείλεται στο ότι καθώς η πηγή μας πλησιάζει τα κύματα γίνονται «πυκνότερα» ενώ καθώς απομακρύνεται τα κύματα «αραιώνουν». Αυτό το φαινόμενο το εξήγησε το 1842 ο Αυστριακός Christian Johann Doppler (1803-1853).

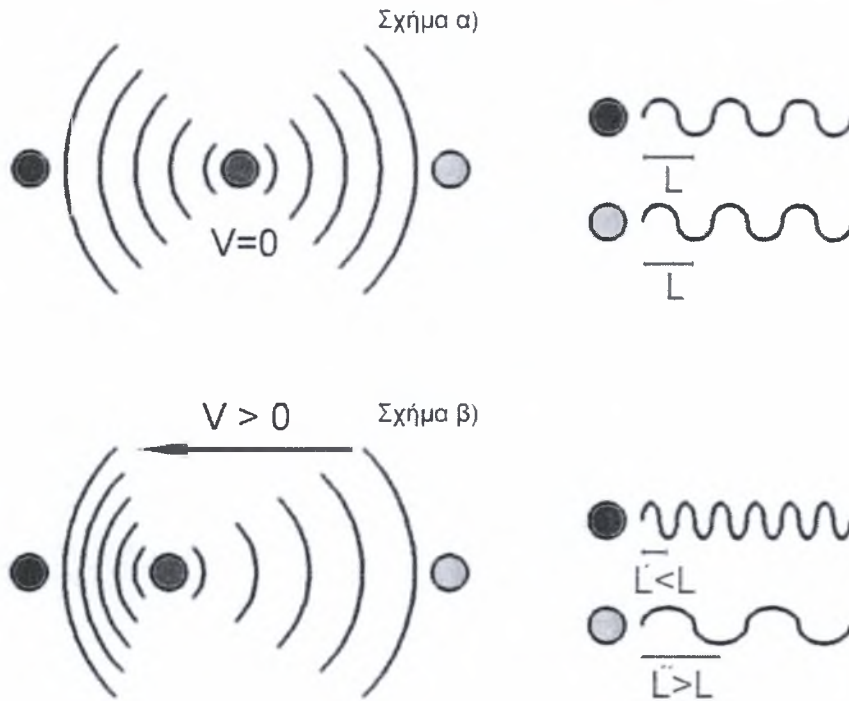
Ο Doppler υποστήριξε ότι εάν η πηγή του ήχου πλησιάζει τον παρατηρητή, είτε επειδή η πηγή κινείται προς τον παρατηρητή είτε επειδή ο παρατηρητής κινείται προς την πηγή ο παρατηρητής θα ακούσει ήχο υψηλότερης συχνότητας από αυτόν που εξέπεμψε η πηγή. Κατ αναλογία εάν ο παρατηρητής απομακρύνεται από την πηγή ο παρατηρητής θα ακούσει ήχο χαμηλότερης συχνότητας από εκπεμπόμενο ήχο. Για να επιβεβαιώσει τη θεωρία αυτή ο Doppler έβαλε 15 μουσικούς με τρομπέτα να παίζουν σε ένα κινούμενο τρένο. Την ώρα που οι 15 μουσικοί πέρασαν παρατηρήθηκε πτώση στη συχνότητα του ήχου ως προβλέφθηκε.



Εικόνα 3.d.ii.1) Μια πηγή κυμάτων η οποία κινείται προς τα αριστερά. Η συχνότητα είναι μεγαλύτερη στα αριστερά και μικρότερη στα δεξιά. Αντίστοιχα, το μήκος κύματος είναι μικρότερο αριστερά και μεγαλύτερο δεξιά. Το κύμα είναι διαταραχή σε επιφάνεια υγρού.

Το Φαινόμενο Doppler οφείλεται στο ότι η απόσταση της πηγής από τον παρατηρητή είναι ανάλογη με τον χρόνο τον οποίο το κύμα (το οποίο δεν είναι κατ ανάγκη ηχητικό). Το μήκος κύματος ανά μονάδα χρόνου που είναι και το παρατηρούμενο (με τη μορφή της συχνότητας) φαίνεται να μεταβάλλεται καθώς η πηγή κινείται ή απομακρύνεται από την πηγή. Όπως

βλέπουμε και στη φωτογραφία το κύμα μπορεί να είναι εκτός από ηχητικό, κυματισμός στο νερό, η ακόμα όπως μας επηρεάζει στην έρευνά μας, το κύμα που υφίσταται την «αλλοίωση» (πάντα σε εισαγωγικά γιατί αφορά μόνο τον παρατηρητή) μπορεί να είναι και ηλεκτρομαγνητικό κύμα.



Εικόνα 3.d.ii.2) Εξήγηση του φαινομένου

Όπως φαίνεται στο προηγούμενο σχήμα αν με μπλε και πράσινο παραστήσουμε παρατηρητές και με κόκκινο παραστήσουμε την πηγή που εκπέμπει κύμα με δεδομένη ταχύτητα C με συχνότητα F έχουμε τους παρατηρητές στο σχήμα α να λαμβάνουν κύμα με ίδιο μήκος κύματος L και συχνότητα F . Στο σχήμα β όμως παρατηρούμε ότι όταν η πηγή κινείται προς τον μπλε παρατηρητή, οι κορυφές των κυμάτων πλησιάζουν.

Γιατί στην α περίπτωση όπου ο πομπός είναι σταθερός σε σχέση με τον παρατηρητή όταν εκπνευστεί μια κορυφή η οποία μετά από χρόνο $t = 1/F$ θα απέχει από την πηγή απόσταση ίση με το μήκος κύματος λ . Στην περίπτωση β όμως που η πηγή κινείται με ταχύτητα V προς τον μπλε παρατηρητή οι η κορυφή θα απέχει λιγότερο από την πηγή στον χρόνο t με αποτέλεσμα η απόσταση από κορυφή σε κορυφή να είναι μικρότερη κατά $t \times V$ για τον παρατηρητή. Αντίστοιχα η απόσταση για τον πράσινο παρατηρητή από την κορυφή του κύματος μέχρι τον πομπό σε χρόνο t είναι μεγαλύτερη κατά $t \times V$. Οπότε έχουμε φαινόμενα μήκη κύματος λ' για τον κάθε παρατηρητή.

Για τον μεν μπλε παρατηρητή έχουμε $\lambda' = \lambda - V \times t$ ενώ για τον δε πράσινο παρατηρητή έχουμε $\lambda' = \lambda + V \times t$. Με δεδομένη το παρατηρούμενο

μήκος κύματος. Με δεδομένο την διάδοση του κύματος με σταθερή ταχύτητα C και τη συνάρτηση $C = \lambda \times F$ έχουμε $F = C / \lambda$ και αφού $C =$ σταθερά τότε για λ' έχουμε μια καινούρια συχνότητα F' , έτσι έχουμε τα κάτωθι:

Για τον μπλε παρατηρητή $F' = C / \lambda' \rightarrow$ **Σφάλμα! Τα αντικείμενα δεν μπορούν να δημιουργηθούν από την επεξεργασία κωδικών πεδίων.**

Για τον πράσινο παρατηρητή $F' = C / \lambda' \rightarrow$ **Σφάλμα! Τα αντικείμενα δεν μπορούν να δημιουργηθούν από την επεξεργασία κωδικών πεδίων.**

Ενώ εάν απαλείψουμε τον χρόνο από το κλάσμα δεδομένου ότι $\lambda = C \times t$ και ότι $t = 1/F$ και άρα μπορούμε να εισάγουμε τον όρο $t \times F$ που ισούται με 1 οπότε $C = C \times F \times t$ έχουμε

Για τον μπλε παρατηρητή **Σφάλμα! Τα αντικείμενα δεν μπορούν να δημιουργηθούν από την επεξεργασία κωδικών πεδίων.**

Για τον πράσινο παρατηρητή **Σφάλμα! Τα αντικείμενα δεν μπορούν να δημιουργηθούν από την επεξεργασία κωδικών πεδίων.**

Και με δεδομένη την συχνότητα F του κύματος που αναμένουμε να λάβουμε από την πηγή την συχνότητα F' του κύματος που λαμβάνουμε και επίσης δεδομένο την ταχύτητα διαδόσεως C του κύματος έχουμε ως μόνο άγνωστο την ταχύτητα V ως προς την οποία επιλύουμε.

3.d.iii Αποφυγή σφαλμάτων

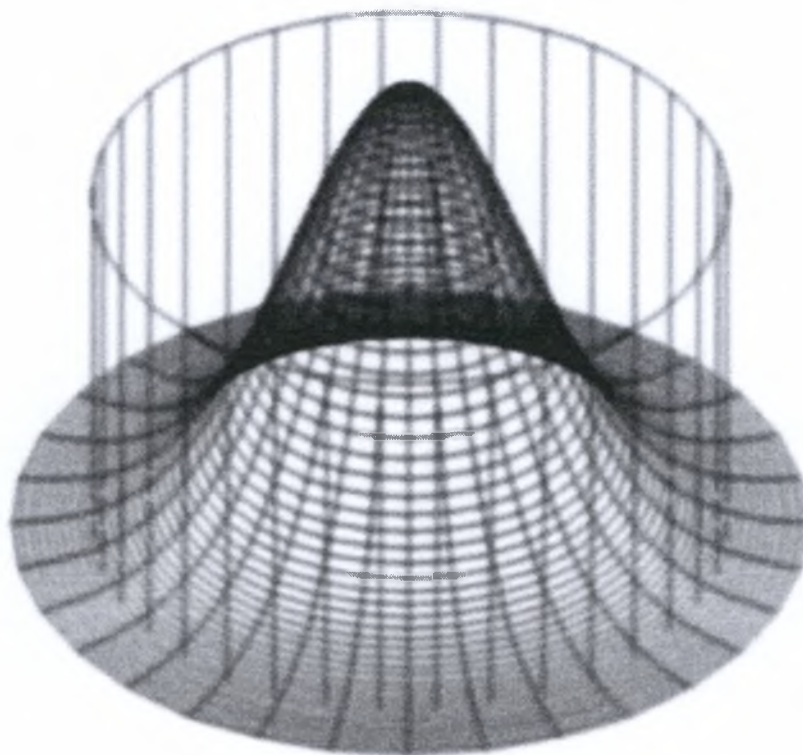
Το VBOX δέχεται το σήμα του G.P.S. και υπολογίζει τη θέση του στο χώρο αρχικά και κατόπιν με ολοκλήρωση του διανύσματος της ταχύτητας που υπολογίζει μέσω το φαινομένου Doppler υπολογίζει τις μετέπειτα σχετικές μετατοπίσεις του. Πολύ σημαντικό είναι να κατανοηθεί γιατί λειτουργεί έτσι.

Ένας τρόπος για να μετρήσει κάποιος την τροχιά του στο χώρο θα ήταν να καταγράψει συνεχώς την ένδειξη θέσης του G.P.S. και αν αυτή η καταγραφή γινόταν με σταθερό χρονικό βήμα όχι μόνο θα είχε πληροφορίες για την τροχιά του αλλά και για την ταχύτητά του. Μάλιστα αν η καταγραφή γινόταν με αυτοματοποιημένο τρόπο και ο ρυθμός δειγματοληψίας ήταν γοργός όπως για παράδειγμα 5 ή όπως στην τρέχουσα εργασία 20Hz θα μπορούσαν να εξαχθούν μετρήσεις για τον ρυθμό μεταβολής της ταχύτητας ή την ακτίνα στροφής.

Το προηγούμενο σενάριο παρότι φαντάζει εφικτό δεν εφαρμόζεται και αυτό συμβαίνει λόγω της μειωμένης ακρίβειας του G.P.S. ως προς τον προσδιορισμό της θέσης. Το VBOX σαν συσκευή GPS μας δίνει δεδομένα θέσης, με ακρίβεια 3 μέτρα CEP (95% Circle Error Probable δηλαδή το 95% του χρόνου οι μετρήσεις γεωγραφικού ύψους και πλάτους θα πέφτουν μέσα σε έναν κύκλο ακτίνας 3 μέτρων γύρω από την πραγματική θέση) και

ακρίβεια 6 μέτρα ακρίβεια στον προσδιορισμό του ύψους. Η προαναφερθείσα ακρίβεια είναι επαρκής για προσανατολισμό και εντοπισμό θέσης, όταν όμως θέλουμε ακρίβεια της τάξης των εκατοστών, δεν επαρκεί.

Η ακρίβεια της μέτρησης είναι ανάλογη του αριθμού των ορατών από την κεραία δορυφόρων. Η μονάδα του VBOX μπορεί να συλλάβει και να επεξεργαστεί σήμα από δώδεκα δορυφόρους. Πέραν αυτών, μπορούμε να δημιουργήσουμε μια ακόμη «συμβατή» πηγή σήματος, εξομοιώνοντας τα σήματα του δορυφόρου από έναν επίγειο σταθμό διαφορικού GPS (Differential GPS) ώστε να αυξήσουμε την ακρίβεια σε 1,8 μέτρα CEP και την ακρίβεια του υψομέτρου σε 3 μέτρα. Ακρίβεια όμως που και πάλι δεν είναι ικανοποιητική για τον σκοπό μας.

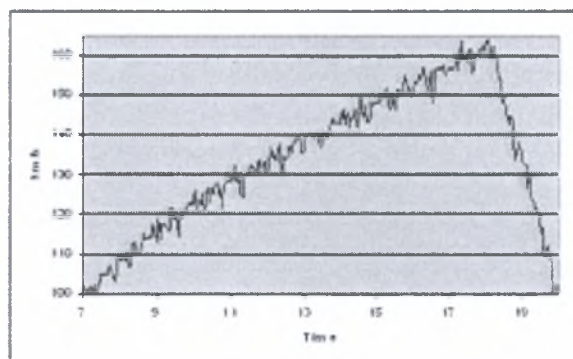


Εικόνα 3.d.iii.1: Η μια προσέγγιση της κατανομής των ενδείξεων σε σχέση με την πραγματική θέση. Μέσα στο μπλε πλέγμα με ακτίνα 3 μέτρα περιλαμβάνεται το 95% των ενδείξεων, δηλαδή μιλάμε για ακρίβεια 95% CEP

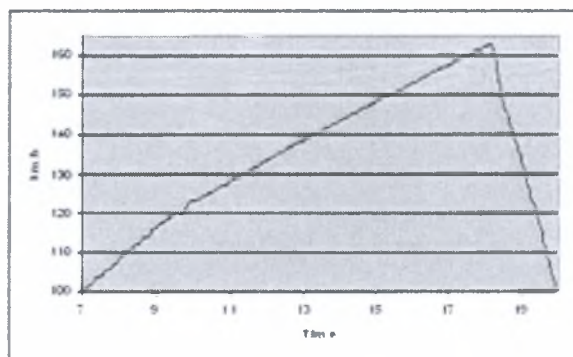
Πράγματι, εάν προσπαθήσουμε να προσδιορίσουμε την τροχιά του οχήματος μέσα σε μια στροφή μικρής ακτίνας, δεν μπορούμε να συμπεράνουμε καν σε πια λωρίδα βρίσκεται. Επίσης εάν προσπαθήσουμε να υπολογίσουμε την ταχύτητα παραγωγίζοντας τις συντεταγμένες θέσης προς το χρόνο πάλι παίρνουμε κάτι πολύ προσεγγιστικό που δεν είναι καν

κοντά στις απαιτήσεις μας για ακρίβεια τις ταχύτητας. Έτσι χρησιμοποιούμε το φαινόμενο Doppler το οποίο μας δίνει πολύ καλή ακρίβεια στο διάνυσμα της ταχύτητας στο χώρο το οποίο χρησιμοποιούμε για να υπολογίσουμε τις σχετικές μετακινήσεις.

Όταν αρχίζει η μέτρηση, στην ένδειξη GPS αθροίζουμε σχετικές μετατοπίσεις από το διάνυσμα της ταχύτητας και έχουμε πολύ καλύτερη ακρίβεια μετρήσεων και μια πολύ καλή απεικόνιση της τροχιάς. Ακρίβεια που μπορεί να βελτιωθεί εάν το αυτοκίνητο ξεκινάει πάντα από το ίδιο σημείο οπότε δεν υπεισέρχεται καν το σφάλμα του υπολογισμού θέσης του G.P.S. μιας και ο όρος μικρής ακρίβειας (θέση) είναι γνωστός και στο πείραμα υπεισέρχεται μόνο ο όρος μεγάλης ακριβείας (ταχύτητα και σχετική μετατόπιση). Από παράδειγμα του κέρδους της μεθόδου Doppler μας δίνουν τα παρακάτω γραφήματα.

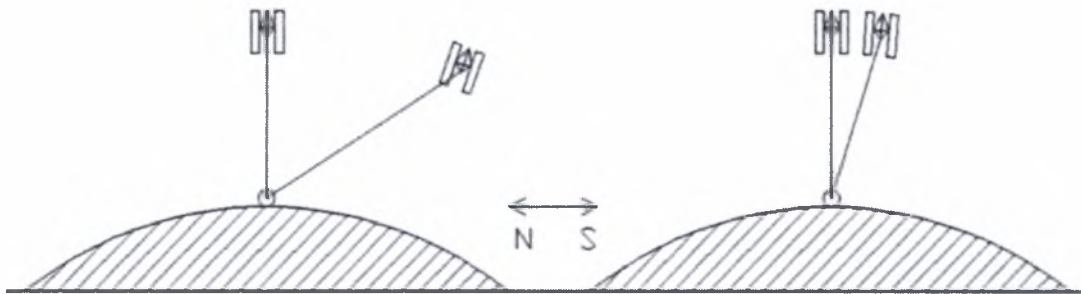


Εικόνα 3.d.iii.2: Μέτρηση ταχύτητας βάση ρυθμού μεταβολής θέσης που προκύπτει από το G.P.S.



Εικόνα 3.d.iii.3: Μέτρηση ταχύτητας βάση φαινομένου Doppler.

Επίσης με όσα έχουμε γνωστά από το προηγούμενο κεφάλαιο για τη λειτουργία του G.P.S., με γνωστή την απόσταση 3 και άνω δορυφόρων από το δέκτη είναι δυνατό να μπορέσουμε να υπολογίσουμε τη θέση του δέκτη. Το πρόβλημα όπως είναι προφανές είναι υποορισμένο για δύο ή λιγότερους δορυφόρους και υπερορισμένο για αριθμό 4 δορυφόρους και άνω. Όμως ο δέκτης G.P.S. δεν περιορίζεται σε επίλυση του προβλήματος από δεδομένες αποστάσεις 3 δορυφόρων αλλά χρησιμοποιεί όλους τους δορυφόρους μειώνοντας το σφάλμα της μέτρησης το οποίο μπορεί να είναι σημαντικό. Η μέτρηση με Doppler μπορεί να μην υποφέρει από μείωση ακριβείας λόγω όλων των πηγών σφαλμάτων που αναφέραμε στο κεφάλαιο του G.P.S. αλλά πρέπει εδώ να τονίσουμε ότι η συγγραμμικότητα των δορυφόρων είναι η κύρια πηγή σφάλματος στη μέτρηση της ταχύτητας.



Σχήμα 3.d.iii.4 συγγραμμικότητα δορυφόρων που στην εικόνα δεξιά εισάγει σφάλμα στον καθορισμό τις οριζόντιας συνιστώσας (απλοποιημένο δισδιάστατο παράδειγμα)

Το φαινόμενο Doppler εμφανίζεται κατά τη συνιστώσα της κίνησης που είναι συνευθειακή στην γραμμή που ενώνει την πηγή με τον δέκτη. Έτσι έχουμε τις σχετικές ταχύτητες του δέκτη με τον κάθε δορυφόρο οι οποίες παράγουν ένα διάνυσμα στο χώρο μέσω του υπολογισμού των συνιστωσών τους.

Στο δισδιάστατο παράδειγμα της εικόνας όταν οι δύο δορυφόροι σχηματίζουν μεγάλη γωνία και έχουμε από μια μετρήση Doppler για την συνιστώσα της ταχύτητας σε κάθε ευθεία δορυφόρος όχημα, μπορούμε μέσω μετασχηματισμών να υπολογίσουμε το διάνυσμα της κίνησης στο επίπεδο του παραδείγματος. Στην δεύτερη περίπτωση όμως όπου οι δορυφόροι είναι σχεδόν συνευθειακοί ο υπολογισμός της οριζόντιας συνιστώσας υποφέρει από αριθμητική αστάθεια και οποιοδήποτε σφάλμα στη μέτρηση των συνιστωσών των ευθειών οχήματος-δορυφόρων μέσω των μετασχηματισμών μεγεθύνεται δυσανάλογα.

Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε ώστε στις μετρήσεις να υπάρχει ικανός αριθμός ορατών δορυφόρων ώστε να αποφευχθούν τέτοια σφάλματα.

3.d.iv Πως λειτουργεί το Vbox.

Η συσκευή λειτουργεί ως δέκτης σημάτων GPS όπου και εντοπίζεται η αρχική θέση του δέκτη. Στη συνέχεια επειδή η ακρίβεια του GPS δεν είναι ικανοποιητική σε σχέση απαιτούμενη αντί να καταγράφονται διαδοχικές θέσης του αισθητήρα έχουμε καταγραφή ταχυτήτων με χρήση του φαινομένου Doppler. Στη συνέχεια οι συνιστώσες των διανυσμάτων της ταχύτητας ορθογωνοποιούνται (μετασχηματισμός στο τρισσορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων) και διορθώνονται (σε περίπτωση που έχουμε πάνω από 3 δορυφόρους, υπέρ της ακρίβειας όσο αυξάνει ο αριθμός των δορυφόρων) ανάλογα με το με πόσους δορυφόρους έχουμε επαφή τη δεδομένη στιγμή και ανάλογα με την σχετική τους θέση (για παράδειγμα όταν τρία διανύσματα ευθειών μεταξύ δορυφόρων-δέκτη είναι σχεδόν στο ίδιο επίπεδο προφανώς το δεν είμαστε σε θέση να υπολογίσουμε συνιστώσα ταχύτητας εκτός του επιπέδου). Από το διάνυσμα της ταχύτητας μπορούμε να υπολογίσουμε πολλά πράγματα. Τα δεδομένα θέσης και ταχύτητας, παραγωγίζονται, ολοκληρώνονται ή υφίστανται επεξεργασία ώστε να μπορούμε να υπολογίσουμε από το στιγμιαίο διάνυσμα της επιτάχυνσης (ή του ρυθμού μεταβολής της) μέχρι τον στιγμιαίο κύκλο στροφής. Το VBOX μετρά με δεδομένη από το χρήστη συχνότητα (ορισμένη για τις δοκιμές μας στη μέγιστη δυνατή: 20hz) τα δεδομένα αυτά και τα αποθηκεύει σε παράλληλα κανάλια. Είναι δυνατόν να συνδεθούν και άλλοι αισθητήρες ώστε παράλληλα με τη δειγματοληψία τον παραπάνω δεδομένων να καταγράφονται τα δεδομένα των αισθητήρων ή προκύπτουν από επεξεργασία των αισθητήρων δεδομένων, δεδομένα (όπως για παράδειγμα η γωνία ολίσθησης.)

3.d.v Μετρούμενα Δεδομένα

Το VBOX καταγράφει τα μετρούμενα δεδομένα με σταθερό ρυθμό δειγματοληψίας (ορισμένο από το χρήστη) και τα αποθηκεύει σε αποσπώμενη κάρτα μνήμης τύπου Compact Flash οργανωμένα σε παράλληλα κανάλια. Τα μετρούμενα δεδομένα και τα εν δυνάμει μετρούμενα είναι πολύ περισσότερα από αυτά που θα παρουσιάσουμε στην τρέχουσα παράγραφο. Οι άλλοι τύποι μετρήσεων θα παρουσιαστούν στα αντίστοιχα κεφάλαια. Είναι δυνατών όπως θα δούμε να μετράμε το ίδιο μέγεθος με δύο διαφορετικούς τρόπους.

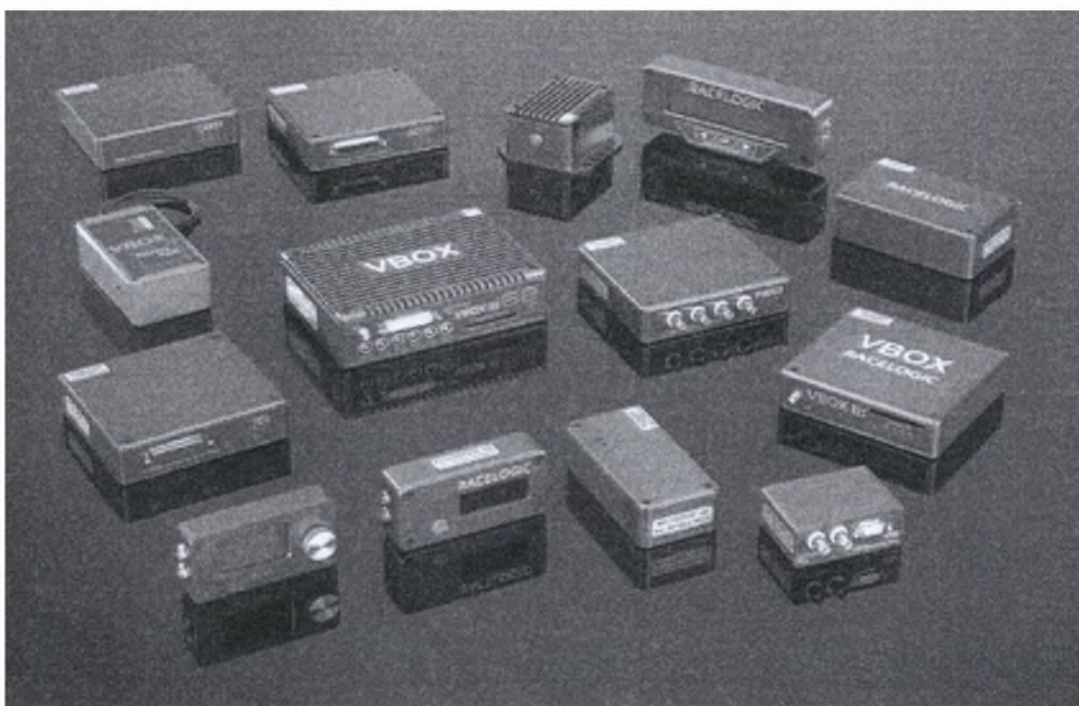
Κατ αρχήν να θυμίσουμε ότι το VBOX είναι ουσιαστικά ένας δέκτης G.P.S. ο οποίος μετρά την θέση (με την ακρίβεια μιας μέτρησης G.P.S.) και μέσω φαινομένου Doppler την ταχύτητα στο χώρο. Από υπολογισμό της ταχύτητας στο χώρο ο λογισμικό που υπάρχει εντός της συσκευής αλλά και το λογισμικό που παρέχεται για χρήση στον υπολογιστή μπορεί να μετρηθεί και να υπολογιστεί:

- ❖ Η θέση του δέκτη με μέτρηση του δέκτη G.P.S. αλλά και από αριθμητική ολοκλήρωση του διανύσματος της ταχύτητας. Η θέση εκφράζεται και σε γεωγραφικό ύψος και πλάτος αλλά και σε μέτρα από το αρχικό σημείο.
- ❖ Το Διάνυσμα της ταχύτητας με τη μέθοδο Doppler
- ❖ Μέσω αριθμητικής ολοκλήρωσης το διάνυσμά της στιγμιαίας επιτάχυνσης εκπεφρασμένο στο χώρο $X-Y-Z$ καθώς και στο σύστημα $X'-Y'-Z'$ το οποίο είναι σχετικό με το αυτοκίνητο
- ❖ Μέσω τριών διαδοχικών σημείων τον στιγμιαίο κύκλο στροφής
- ❖ Μέσο διαδοχικών σημείων (λόγο της παραδοχής ότι το αυτοκίνητο δεν ολισθαίνει και δεν ίπταται) την διεύθυνση του αυτοκινήτου και την κλίση του σε σχέση με τον ορίζοντα.
- ❖ Συνεχής καταγραφή της κατάστασης του διακόπτη που χρησιμοποιούμε για να σημάνουμε σημεία. Ο ενεργοποιημένος διακόπτης σημαίνεται με 1 ενώ ο απενεργοποιημένος με 0
- ❖ Τα (αριθμητικά) μεγέθη των τριών συνιστωσών των επιταχύνσεων κ ταχυτήτων στο ορθοκανονικό σύστημα.

3.d.vi Πρόσθετα συστήματα καταγραφής

Τα πρόσθετα συστήματα καταγραφής μας δίνουν την δυνατότητα να μετρήσουμε πάρα πολλές παραμέτρους της δοκιμής, σχεδόν ανεξάντλητες σε αριθμό απ' ό,τι θα δούμε παρακάτω. Ένα πρόσθετο σύστημα είναι η μονάδα αδρανειακών μετρήσεων (IMU) το οποίο και χρησιμοποιήσαμε και είναι προϊόν της ίδιας εταιρίας που κατασκευάζει και το VBOX. Επειδή θα επεκταθούμε περισσότερο στη μονάδα αυτή δεν θα την αναφέρουμε εδώ αλλά θα ασχοληθούμε στο επόμενο κεφάλαιο αποκλειστικά με αυτή.

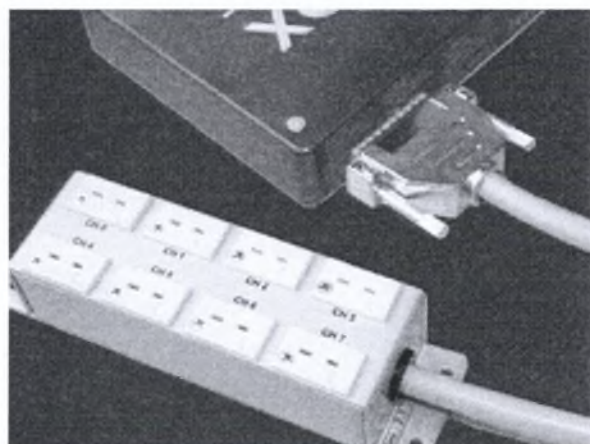
Υπάρχουν πάρα πολλές μετρητικές διατάξεις αλλά θα τις κατατάξουμε ανάλογα με τα μετρούμενα δεδομένα.



Εικόνα 3.d.vi.1) Πρόσθετα συστήματα καταγραφής της Racelogic για μέτρηση διαφόρων δεδομένων. Στο κέντρο διακρίνεται ένα VBOX-III.

Συστήματα καταγραφής δεδομένων θερμοκρασίας. Τα δεδομένα θερμοκρασίας μπορούν να συλλεχθούν με τρεις τρόπους:

Α τρόπος) Χρησιμοποιώντας τη μονάδα εισαγωγής θερμοζεύγους (Thermocouple input module TC8), το οποίο διαθέτει 8 θηλυκές επαφές στις οποίες συνδέονται θερμοστοιχεία.



Εικόνα 3.d.vi.2) Οι επαφές σύνδεσης των θερμοστοιχείων.



Εικόνα 3.d.vi.3) Η μονάδα του ψηφιοαναλογικού μετατροπέα

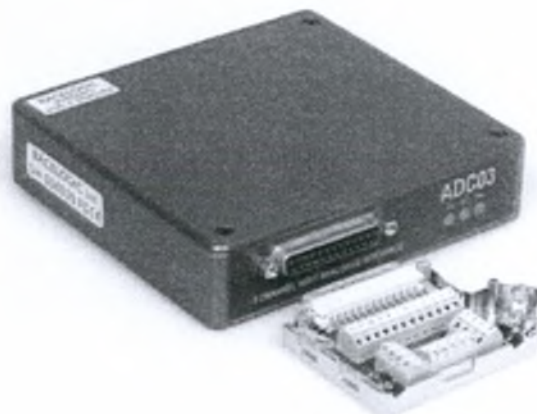
Η διαφορά δυναμικού των θερμοστοιχείων, μετατρέπεται μέσω ψηφιοαναλογικού μετατροπέα (DAC: Digital to Analog Converter) ακρίβειας 24bit σε θερμοκρασιακά δεδομένα με εύρος τιμών από -100 μέχρι 1200 βαθμούς Κέλσιου. Ο τρόπος της μετατροπής από Mvolt σε αριθμητικές τιμές με τις παραμέτρους Offset και Scale μπορεί να προσδιοριστεί από το λογισμικό της συσκευής όταν την συνδέσουμε σε ηλεκτρονικό υπολογιστή. Τα δεδομένα αυτά μπορούν καταγραφούν παράλληλα με τα υπόλοιπα δεδομένα μέσω του δίαυλου CAN (CAN BUS). Οι παράμετροι Offset και Scale προσδιορίζονται έτσι ώστε να ισχύει η εξίσωση:

$$[\text{Θερμοκρασία}] = [\text{Mvolt}] \times [\text{Scale}] + \text{offset}$$

Για παράδειγμα αν για 5 Mvolt η θερμοκρασία είναι 10 βαθμοί και για κάθε 2 Mvolt η θερμοκρασία ανεβαίνει 0,1 βαθμούς Κελσίου τότε η τιμή Scale ορίζεται σε 0,05 βαθμούς Κελσίου ανά Mvolt και η τιμή Offset 9,75. Παρακάτω θα δούμε και άλλους τύπους ψηφιοαναλογικών μετατροπέων, για τους οποίους θα λέμε ότι τους καλιμπράρουμε με τη διαδικασία του Offset και Scale εννοώντας ότι θα συνδέουμε είτε τα Mvolt είτε τους παλμούς ανά δευτερόλεπτο (εάν πρόκειται για συχνότητα) με το δεδομένο που θέλουμε να καταγράψουμε με μια σχέση όπως την παραπάνω.

Επίσης υπάρχει η επιλογή για επέκταση τύπου K (K-Type extension block) η οποία χρησιμοποιεί αντισταθμιστική μονάδα ψυχρού τύπου (Cold junction compensation module) για να διασφαλίσει ακρίβεια της τάξης των 0,1 βαθμών Κελσίου ακόμα και στις ραγδαίες μεταβολές της Θερμοκρασίας, χρήσιμο όταν θέλουμε να μετρήσουμε θερμοκρασίες στο χώρο της μηχανής ή της καμπίνας των επιβατών που μπορεί να μεταβάλλονται ακόμα και 40 βαθμούς σε χρόνο μερικών λεπτών.

Β τρόπος) Χρησιμοποιώντας την μονάδα εισαγωγής αναλογικών δεδομένων, (Analog Input Module) η οποία συνδέεται μέσω CAN στη μονάδα του Vbox



Εικόνα 3.d.vi.4) Μονάδα εισαγωγής αναλογικών δεδομένων

Η μονάδα αυτή διαθέτει 8 αναλογικά κανάλια εισόδους στα τα οποία μπορούν να διαβάσουν είτε ενδείξεις από 50 μέχρι -50 Volt και να τις μετατρέψουν σε δεδομένα με ακρίβεια 24bit είτε από τιμές 200 μέχρι -200 Mvolt και να τις μετατρέψει σε δεδομένα με ακρίβεια 16bit. Το καλιμπράρισμα γίνεται όπως περιγράψαμε παραπάνω ορίζοντας τις παραμέτρους Scale και Offset μέσα από το λογισμικό που προσφέρετε μαζί με τη συσκευή όταν αυτή συνδεθεί με ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Η συσκευή που περιγράψαμε είναι η συσκευή ADC03. Υπάρχει όμως η παρόμοια συσκευή ADC02 η οποία πέρα από 8 αναλογικά κανάλια που μετράνε διαφορά δυναμικού από 0 μέχρι 5 volts με ακρίβεια 10bit, παρέχει εισαγωγή δεδομένων από 2 αναλογικά κανάλια που μετράνε συχνότητα σήματος και 2 ψηφιακά κανάλια. Η συσκευή ADC02 καλιμπράρεται επίσης ορίζοντας τις παραμέτρους Offset μέσα από το λογισμικό που προσφέρετε μαζί με τη συσκευή όταν αυτή συνδεθεί με ηλεκτρονικό υπολογιστή.

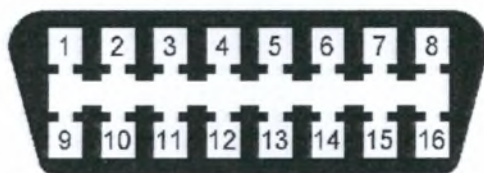
Γ) απευθείας από την μονάδα αδρανειακών δεδομένων (RLVB IMU01) που παρουσιάσαμε παραπάνω χρησιμοποιώντας το κανάλι #7 (TEMP data). Για την διαδικασία της μέτρησης θα αναφερθούμε στο επόμενο κεφάλαιο αναλυτικά.

Δεδομένα λειτουργίας αυτοκινήτου: Χρήσιμο θα ήταν να μπορούμε να καταγράψουμε τις παραμέτρους λειτουργίας του αυτοκινήτου σε κανάλια, παράλληλα με άλλα δεδομένα. Θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε ένα δικό μας thermistor ή θερμοζεύγος για να μετρήσουμε την θερμοκρασία του κινητήρα ή του καταλύτη για παράδειγμα. Θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε τη διαφορά δυναμικού που δίνει κάποιος αισθητήρας που βασίζεται σε ηλεκτροχημικές αντιδράσεις όπως είναι ο αισθητήρας που μας δίνει την περιεκτικότητα ενός αερίου σε οξυγόνο.

Παρότι χρήσιμα τα παραπάνω, είναι δύσκολα στην εφαρμογή, και στην περίπτωση όπου θέλουμε να συλλέξουμε δεδομένα από διαφορετικά οχήματα σχεδόν ανέφικτα. Χρειάζεται να καλιμπράρουμε τον ψηφιοαναλογικό μετατροπέα με τις παραμέτρους Scale και Offset και αυτά για να πάρουμε μέτρηση από έναν αισθητήρα και μόνο πράγμα πολύ επίπονο.

Κάπου εκεί έρχεται να δώσει λύση στο πρόβλημά μας το πρότυπο OBD-II. Το πρότυπο αυτό διασφαλίζει την εύκολη επικοινωνία του ηλεκτρονικού συστήματος του αυτοκινήτου με ηλεκτρονικό υπολογιστή ο οποίος εκτελεί λογισμικό που κάνει διαγνωστικό έλεγχο. Το πρότυπο αυτό τέθηκε σε εφαρμογή το 1996, έτος από το οποίο και έπειτα για να μπορέσει να εισαχθεί ένα αυτοκίνητο στις Ηνωμένες Πολιτείες έπρεπε να είναι συμβατό με το OBD-II.

Το πρότυπο OBD-II παρότι ήταν ξεκάθαρο για το τι δεδομένα έπρεπε να δίνει το αυτοκίνητο αναπτύχθηκε με τρεις διαφορετικούς τρόπους σαν αποτέλεσμα κακής συνεννόησης των αυτοκινητοβιομηχανιών. Έτσι έχουμε τα πρότυπα ISO-9141 το οποίο ακολούθησε η Chrysler και οι περισσότερες ευρωπαϊκές και ασιατικές αυτοκινητοβιομηχανίες, το πρότυπο SAE J1850 VPW (Variable Pulse Width Modulation) που ακολούθησε η General Motors και το SAE J1850 PWM (Pulse Width Modulation) που ακολούθησε η Ford. Και τα τρία πρότυπα υλοποιούνται σε έναν κοινό τύπο θύρας 16 επαφών (16-pin connector) όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Τέλος από το 2004 και μετά υπάρχει το πρότυπο CAN που θα γίνει απαραίτητη προϋπόθεση για να εισαχθεί ένα αυτοκίνητο στις Ηνωμένες πολιτείες.



Συνδεσμολογία

2	Δεδομένα (VPM)	6	Δεδομένα (CAN)	14	Δεδομένα (CAN)
4	Γείωση	7	Δεδομένα (ISO)	15	Δεδομένα (ISO)
5	Γείωση	10	Δεδομένα (PWM)	16	Παροχή +12V

Εικόνα 3.d.vi.5) Η Θύρα 16 επαφών της θύρας OBD-II

Τα δεδομένα αυτά μπορούν εύκολα με μια απλή ηλεκτρονική διάταξη να μεταφερθούν σε ηλεκτρονικό υπολογιστή. Πέρα από τους διαγνωστικούς κωδικούς υπάρχουν και τα δεδομένα που δίνει το OBD-II σε πραγματικό χρόνο τα οποία μπορούμε να καταγράψουμε. Στην περίπτωση μας όμως θέλουμε την καταγραφή των δεδομένων αυτών παράλληλα με τα υπόλοιπα δεδομένα στο ίδιο αρχείο. Έτσι χρησιμοποιούμε την συσκευή CAN01 η οποία συνδέεται με τη μονάδα του VBOX και μπορεί να καταγράψει μέχρι 8 κανάλια δεδομένων που δίνει το πρότυπο OBD-II.



Εικόνα 3.d.vi.6) Η συσκευή καταγραφής δεδομένων OBD-II

Τα δεδομένα αυτά φτάνουν στη συσκευή σαν αριθμοί αλλά μπορούν να μετασχηματιστούν μέσω των παραμέτρων Offset και Scale ώστε να πάρουν η μορφή που μας εξυπηρετεί, ορίζοντας τις παραμέτρους Offset μέσα από το λογισμικό που προσφέρετε μαζί με τη συσκευή όταν αυτή συνδεθεί με ηλεκτρονικό υπολογιστή. Δεν είναι όλα τα αυτοκίνητα εφοδιασμένα με όλους τους αισθητήρες του προτύπου OBD-II αλλά τα δεδομένα που συνήθως είναι σε θέση παρέχει η θύρα OBD-II είναι τα εξής:

- ❖ Θερμοκρασία Ψυκτικού Υγρού
- ❖ Θερμοκρασία αέρα στο σημείο της εισαγωγής
- ❖ Όγκος αέρα ανά μονάδα χρόνου στη διατομή της εισαγωγής (μετρούμενος συνήθως με τη μέθοδο Karman Vortex Street)
- ❖ Πίεση αέρα στην εισαγωγή (συνήθως κάτω της ατμοσφαιρικής αφού στην πράξη πρόκειται για αντλία κενού)
- ❖ Θερμοκρασία ελαίου μηχανής
- ❖ Πίεση ελαίου μηχανής
- ❖ Στάθμη καυσίμου στο ρεζερβουάρ
- ❖ Θέση πεντάλ γκαζιού (αλλά όχι απαραίτητα θέση «πεταλούδας», στα νεότερου τύπου αυτοκίνητα πεταλούδα μπορεί να ελέγχεται από βηματικό ηλεκτροκινητήρα τον οποίο τροφοδοτεί με δεδομένα από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου (ECU: Electronic Control Unit) του αυτοκινήτου
- ❖ Επιλεγμένη Σχέση στο κιβώτιο ταχυτήτων η. Συγκεκριμένα σε ορισμένους τύπους αυτοκινήτων είναι δυνατό να αλλάξουμε την σχέση με ηλεκτρονικό σήμα από τη θύρα OBD-II (σε περιπτώσεις αυτόματου κιβωτίου ή τύπου tiptronic (ημιαυτόματο) ή ηλεκτρονικά ελεγχόμενου σειριακού κιβωτίου)
- ❖ Συχνότητα περιστροφής του στροφαλοφόρου σε στροφές ανά λεπτό
- ❖ Ταχύτητα του οχήματος (η οποία δεν είναι πάντοτε η πραγματική γιατί είναι ο ρυθμός περιστροφής των αξόνων του διαφορικού ή του κιβωτίου

επί την περίμετρο του ελαστικού του κινητηρίου τροχού η οποία μπορεί να αλλάξει με την αλλαγή ελαστικού)

- ❖ Αναλογία αέρα / καυσίμου (τιμή αισθητήρα) λάμδα. Εάν δεν είναι η ιδανική για τον κάθε κινητήρα είτε λόγο διαφορετικής θερμοκρασίας αέρα (πίεσης) είτε λόγο υψομέτρου, είτε για οποιονδήποτε άλλο λόγο, η χημική σύσταση των καυσαερίων αλλάζει πράγμα που καταγράφεται από τους αισθητήρες λάμδα και οι εγχυτήρες καυσίμου διορθώνουν την αναλογία στην επόμενη εισαγωγή μείγματος)
- ❖ Η τρέχουσα γωνία αβάνς ανάφλεξης (Ignition timing Advance). Η διαφορά φάσης της ανάφλεξης των σπινθηριστών (μπουζί) σε σχέση με το στροφαλοφόρο η οποία ανάλογα την κατάσταση του κινητήρα αλλάζει για καλύτερη απόδοση του κινητήρα και οικονομία καυσίμου.
- ❖ Η τρέχουσα γωνία του εκκεντροφόρου σε κινητήρες με μεταβαλλόμενο χρονισμό βαλβίδων. Στους κινητήρες με το σύστημα VVti, i-Vtec, Vanos ή όποιο άλλο συστημα μεταβαλλόμενου χρονισμού βαλβίδων, η μεταβολή στον χρονισμό ελέγχεται από την ECU (Electronic Control Unit – Ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου) του αυτοκινήτου και εκφράζεται σαν διαφορά φάσης του εκκεντροφόρου σε σχέση με τον στροφαλοφόρο.
- ❖ Η Βύθιση των βαλβίδων σε κινητήρες με μεταβαλλόμενη βύθιση βαλβίδων. Στους κινητήρες με αυτό το σύστημα (συνήθως VVTL-I ή Vtec) ή μεταβαλλόμενη βύθιση ελέγχεται από ECU (Electronic Control Unit – Ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου) του αυτοκινήτου και η μεταβολή στη βύθιση είναι το δεδομένο που ζητάμε.
- ❖ Αισθητήρες Οξυγόνου. Υπάρχει αισθητήρας ένας οξυγόνου πριν και ένας μετά τον καταλύτη του αυτοκινήτου. Μας δίνουν την περιεκτικότητα του των αερίων σε οξυγόνο ώστε να μπορούμε να μετρήσουμε την ποιότητα της καύσης.
- ❖ Πίεση/Παροχή αντλίας καυσίμου. Επίσης διαγνωστικά δεδομένα για το κατά πόσο η αντλία είναι σε καλή κατάσταση και αμφίδρομη επικοινωνία, δηλαδή άνοιγμα / κλείσιμο της αντλίας από τη θύρα OBD-II.
- ❖ Φόρτος κινητήρα (engine load). Αδιάστατο μέγεθος που δείχνει την ροπή στις που αποδίδει ο κινητήρας τη δεδομένη στιγμή προς την μέγιστη ροπή που θα μπορούσε να αποδώσει στον ίδιο ρυθμό περιστροφής.
- ❖ Διόρθωση καυσίμου (fuel trim). Για να κρατηθεί η λειτουργία του κινητήρα στην ιδανική κατάσταση όταν το μείγμα φτωχύνει ή είναι πλουσιότερο του κανονικού η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου (ECU: Electronic Control Unit) του αυτοκινήτου προβαίνει σε διόρθωση της ποσότητας του καυσίμου που ψεκάζουν οι εγχυτήρες (injectors) ώστε να διατηρηθεί η βέλτιστη λειτουργία. Το μέγεθος αυτής της «διόρθωσης» ορίζεται σαν «διόρθωση καυσίμου» η οποία απαντάται συνήθως στην βιβλιογραφία σαν Fuel trim.
- ❖ Βαρομετρική πίεση της ατμόσφαιρας ώστε να ξέρουμε τη πυκνότητα έχει ο αέρας και κατά συνέπεια να ρυθμίζεται και η στοιχειομετρική αναλογία του καυσίμου που ψεκάζεται στον κινητήρα. Διαφορές στην πίεση σημαίνουν διαφορετικές μάζες αερίου για δεδομένο όγκο, όχι όμως

μεταβολή στη μάζα του καυσίμου για δεδομένο όγκο. (τα υγρά είναι ασυμπίεστα)

- ❖ Δεδομένα συστήματος ABS (Antiblock Brake System – Σύστημα Αντιμπλοκαρίσματος Φρένων). Το αυτοκίνητο όταν ανιχνεύσει ότι οι τροχοί έχουν σταματήσει από φρενάρισμα πανικού ή από χαμηλή πρόσφυση εμπλέκει το σύστημα ABS και δεν επιτρέπεται στους τροχούς να μπλοκάρουν ώστε το αυτοκίνητο να υπακούει στο τιμόνι. Οι παράμετροι λειτουργίας του ABS μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δεδομένα.
- ❖ Δεδομένα συστήματος EBD (Electronic Braking Distribution – Ηλεκτρονικός Κατανομητής Φρένων). Το αυτοκίνητο αντί να έχει μια προκαθορισμένη κατανομή δύναμης εμπρός-πίσω στα φρένα, υπολογίζει το βάρος που πέφτει σε κάθε τροχό λόγω της δυναμικής του αυτοκινήτου και κατανέμει την δύναμη των φρένων ανάλογα. Οι παράμετροι λειτουργίας του EBD μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δεδομένα
- ❖ Δεδομένα συστήματος ESP (Electronic Stability Program – Ηλεκτρονικό Πρόγραμμα Σταθεροποίησης). Το αυτοκίνητο ανιχνεύει τυχόν υποστροφικές ή υπερστροφικές συμπεριφορές και τις διορθώνει φρενάροντας έναν ή περισσότερους τροχούς ανεξάρτητα ώστε το αυτοκίνητο να παραμένει ουδέτερο σε περίπτωση απώλειας πρόσφυσης. Οι παράμετροι λειτουργίας του ESP μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δεδομένα
- ❖ Δεδομένα συστήματος Traction Control (Έλεγχος Πρόσφυσης). Στα περισσότερα σύγχρονα αυτοκίνητα όταν η δύναμη του κινητήρα κάνει τους τροχούς να γυρίζουν ανεξέλεγκτα πέρα από το όριο πρόσφυσης, το αυτοκίνητο παρεμβαίνει κόβοντας την ανάφλεξη στιγμιαία ώστε η πρόσφυση να επανέλθει. Οι παράμετροι λειτουργίας του Traction Control μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δεδομένα
- ❖ Δεδομένα αντικρουστικής διάταξης (Knock Sensor). Ο βαθμός οκτανίου είναι ένας δείκτης που μας δίνει πόσο καταπόνηση (πίεση και θερμοκρασία) μπορεί να δεχθεί το καύσιμο μας πριν αυταναφλεγεί. Σε περίπτωση που έχουμε αυτανάφλεξη του καυσίμου δηλαδή «πειράκια» ο αισθητήρας στέλνει τα δεδομένα στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου (ECU: Electronic Control Unit) του αυτοκινήτου που προβαίνει σε διόρθωση των παραμέτρων λειτουργίας του κινητήρα ώστε να σταματήσει η αυτανάφλεξη και το μείγμα να εκρήγνυται στη σωστή χρονική στιγμή από τον σπινθηριστή (μπουζί). Οι παράμετροι λειτουργίας της αντικρουστικής διάταξης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δεδομένα.
- ❖ Δεδομένα EGR (Engine Gas Recirculation – συστήματος επανακυκλοφορίας καυσαερίων). Στα αυτοκίνητα με μεταβαλλόμενο χρονισμό βαλβίδων είναι δυνατό, όταν δεν χρειαζόμαστε πλήρη ισχύ να έχουμε επανακυκλοφορία καυσαερίων με το να παραμένει ανοικτή η βαλβίδα εξαγωγής ανοικτή κατά την πλήρωση του θαλάμου καύσης. Οι

παράμετροι λειτουργίας του EGR μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δεδομένα.

- ❖ Δεδομένα συντήρησης. Σε κάθε συντήρηση μηδενίζονται κάποιοι μετρητές έτσι ώστε να ξέρουμε πόσα χιλιόμετρα έχουμε διανύσει από την τελευταία αλλαγή ελαίου, και άλλων αναλώσιμων του κινητήρα.
- ❖ Δεδομένα ενεργών αναρτήσεων και ενεργών διαφορικών σε εξελιγμένα μοντέλα που μας πληροφορούν για την λειτουργία των συστημάτων αυτών και τις παραμέτρους λειτουργίας τους

Ηχητικά δεδομένα: Συνήθως χρειάζεται να μετρήσουμε την στάθμη θορύβου μέσα στην καμπίνα του αυτοκινήτου αλλά και έξω απ αυτή όταν αυτό κινείται με κάποιες συγκεκριμένες ταχύτητες.

Στην περίπτωση που θέλουμε να μετρήσουμε τη στάθμη του θορύβου μέσα στο αυτοκίνητο τα πράγματα είναι εύκολα. Το ηχόμετρο μπορεί να μας δίνει την στάθμη ήχου κατευθείαν στο CAN είτε να μας δίνει κάποια τάση σε Mvolt που την μετατρέπουμε σε δεδομένα με τον αναλογικό-ψηφιακό μετατροπέα.

Στην περίπτωση όμως που μετρητική διάταξη βρίσκεται έξω από το αυτοκίνητο και η συσκευή που καταγράφονται τα δεδομένα είναι μέσα στο αυτοκίνητο. Τότε συνήθως χρησιμοποιούμε ασύρματη μεταφορά δεδομένων (telemetry link) ώστε να αποστέλλουμε τα δεδομένα στην συσκευή καταγραφής.

3.d.vii Ακρίβεια μετρήσεων

Οι ακρίβεια των μετρήσεων συνήθως περιορίζεται από τα όρια της ακρίβειας του G.P.S.. Η μέθοδος Doppler δίνει πολύ καλύτερα αποτελέσματα και η χρήση υψηλού ρυθμού δειγματοληψίας (20Hz) μαζί με χρήση αριθμητικών μεθόδων όπως γραμμικών παρεμβολών κατά τις ολοκληρώσεις και τις παραγωγίσεις μας δίνουν αρκετά ακριβή αποτελέσματα. Η συσκευή VBOX II της δοκιμής καταγράφει την θέση του δέκτη η οποία όμως ακόμα και με 12 ορατούς δορυφόρους που θα παρείχαν την μέγιστη ακρίβεια δεν παρέχει την απαιτούμενη ακρίβεια. Με τα δεδομένα γεωγραφικού ύψος και πλάτους να έχουν ακρίβεια 3 μέτρα 95% CEP (95% Circle Error Probable δηλαδή το 95% του χρόνου οι μετρήσεις γεωγραφικού ύψους και πλάτους θα πέφτουν μέσα σε έναν κύκλο 3 μέτρων) και τα δεδομένα υψομέτρου ακρίβεια 6 μέτρα 95% CEP, δεν μπορούμε να κάνουμε καν χονδροειδείς μετρήσεις. Ακόμη και με το DGPS ενεργοποιημένο η ακρίβεια γεωγραφικού ύψους πλάτους γίνεται 1 μέτρο 95% CEP και αντίστοιχα η ακρίβεια υψομέτρου 2 μέτρα 95% CEP, επίσης μη αποδεκτή ακρίβεια. Έτσι το δεδομένο της θέσης χρησιμοποιείται μια φορά για μια την αρχική θέση της μέτρησης και από κει και πέρα χρησιμοποιούμε σχετικές μετατοπίσεις.

Χάρη στο φαινόμενο Doppler που αναλύσαμε προηγουμένως μπορούμε να έχουμε μετρήσεις ταχύτητας με μεγάλη ακρίβεια οι οποίες



ολοκληρούμενες μας δίνουν τις σχετικές μετατοπίσεις. Η ακρίβεια της ταχύτητας είναι της τάξης του 0,1 Km/h και της ολικής σχετικής απόστασης της τάξης του 0,05%.

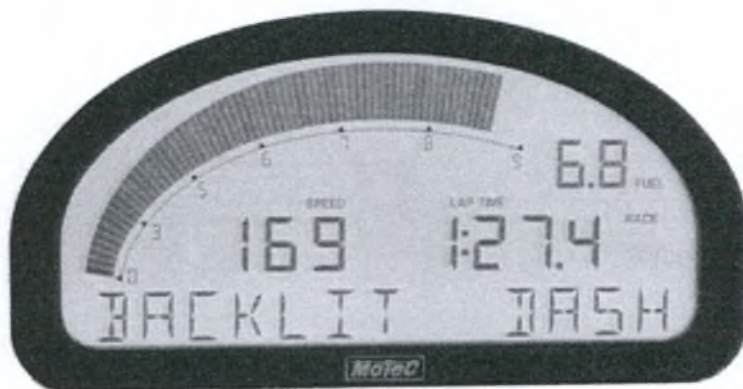
Έτσι έχουμε το συνοπτικό πίνακα που μας δίνει τις ακρίβειες μέτρησης μαζί με την διακριτικότητα της δειγματοληψίας, δηλαδή, το πλήθος των δεκαδικών ψηφία που αποθηκεύουν οι εκάστοτε καταχωρητές της συσκευής.

Μονάδα	Διακριτικότητα Δειγματοληψίας	Ακρίβεια (χωρίς DGPS)	Ακρίβεια (με DGPS)
Ταχύτητα	0.01 Km/h	0.1 Km/h	0.1 Km/h
Απόσταση	1 cm	0.05%	0.05%
Θέση	1 cm	3m 95% CEP	1m 95% CEP
Υψόμετρο	1 cm	6m 95% CEP	2m 95% CEP
Διαμήκης επιτάχυνση	0,01 g	0.5%	0.5%
Πλευρική επιτάχυνση	0,01 g	0.5%	0.5%
Διεύθυνση	0,01 Μοίρες	1 Μοίρα	1 Μοίρα
Χρόνος	0,01 S	0,001 S	0,001 S

Πίνακας 3.d.vii.1) Ακρίβεια των μετρήσεων του VBOX

3.d.viii Αντίστοιχα συστήματα:

Υπάρχουν και άλλα συστήματα καταγραφής της τροχιάς τους αυτοκινήτου καθώς και καταγραφής δεδομένων λειτουργίας του. Η εταιρία Motec είναι η πιο γνωστή εταιρία στο χώρο και παρέχει σειρά αισθητήρων, σαν αυτούς που περιγράφηκαν στο κεφάλαιο των πρόσθετων συστημάτων καταγραφής. Οι αισθητήρες αυτοί σε συνδυασμό με την κεντρική μονάδα καταγραφής ADL (advanced dash logger) αποτελούν το σύστημα. Παρότι μπορούν να εξαχθούν ιδιαίτερες λεπτομερείς μετρήσεις το σύστημα αυτό δεν ενδείκνυται για την έρευνά μας. Το σύστημα Motec εστιάζει κυρίως σε τεχνικά ζητήματα του αυτοκινήτου και αποσκοπεί σε αγωνιστική χρήση και παρακολούθησης λεπτομερών διαδικασιών όπως ο ακριβής χρονισμός της ανάφλεξης και ο ρυθμός ροής καυσίμου στο κινητήρα.



Εικόνα 3.d.viii.1) Η οθόνη του ADL της Motec

Ανάλογη συσκευή με αυτή της Motec κατασκευάζει και η εταιρία AIM sports. Το σύστημα επίσης λειτουργεί με συνδυασμό αισθητήρων και καταγραφέα με οθόνης ενδείξεων λειτουργίας, ενώ έχει δοθεί προσοχή ώστε να είναι εφικτή η σύνδεση του καταγραφέα με την ECU (Electronic Control Unit) του οχήματος ώστε λαμβάνονται μετρήσεις που σε άλλη περίπτωση θα χρειαζόταν ξεχωριστούς αισθητήρες, όπως για παράδειγμα η θερμοκρασία του κινητήρα.



Εικόνα 3.d.viii.2) Η οθόνη του MyChron3 XG Log της AIM sports.

Συστήματα καταγραφής με τις ίδιες αρχές λειτουργίας κατασκευάζει η Pi systems. Υπάρχουν τιμόνια με προσαρμοσμένη οθόνη λειτουργίας, ξεχωριστή μονάδα καταγραφής ή ακόμα και έτοιμα συστήματα με συνδυασμό καταγραφέα και αισθητήρων.



Εικόνα 3.d.viii.3) Το ολοκληρωμένο σύστημα system 2 kit της Pi Systems

Τελευταίο σύστημα καταγραφής που ακολουθεί τη λογική του Motec είναι το ST8100 της STACK το οποίο καταγράφει την κατάσταση του κινητήρα (πιέσεις λαδιού, ρυθμός περιστροφής στροφάλου, ενδείξεις θερμοκρασίας υγρών) και την ταχύτητα του οχήματος καθώς και τις καταγραφόμενες τιμές των επιταχυνσιομέτρων και άλλων αισθητήρων.



Εικόνα 3.d.viii.4) Το σύστημα ST8100 της STACK

Βασισμένο στη λογική του VBOX το σύστημα DL1 της Race Technology προσφέρει περίπου ανάλογες δυνατότητες συν δύο επιταχυνσιόμετρα κατά τους οριζόντιους άξονες και αναλογικές εισόδους για απευθείας μέτρηση του ρυθμού περιστροφής του κινητήρα. Τα επιταχυνσιόμετρα είναι βαθμονομημένα από -10 έως +10 G, ο ρυθμός δειγματοληψίας είναι 100Hz ενώ η δειγματοληψία του G.P.S. γίνεται με ρυθμό 5Hz.



Εικόνα 3.d.viii.5) Το σύστημα DL1 της Race Technology

↓ 3.e) Το IMU

3.e.i) Τι είναι το IMU

Η μονάδα αδρανειακών μετρήσεων IMU (Inertial Measurement Unit) είναι ένας σύνολο αισθητήρων που παράγουν πρόσθετα δεδομένα τα οποία καταγράφονται στο VBOX.

Για λόγους ευκολίας διαλέξαμε την μονάδα αδρανειακών δεδομένων καθώς μας παρέχει δεδομένα επιταχυνσιομέτρων, γυροσκοπίων και θερμοκρασίας πάνω στον ίδιο άξονα του χρόνου χωρίς περαιτέρω εξοπλισμό που συνεπάγεται έξοδα και πολυπλοκότητα στην εγκατάσταση. Πέρα απ αυτό η μονάδα είναι τις ίδιας εταιρίας με το VBOX οπότε αποφεύγουμε από την διαδικασία της Βαθμονόμησης (Calibration).

Τα δεδομένα που παράγει και μας ενδιαφέρουν όπως θα δούμε παρακάτω είναι εμμέσως γνωστά από επεξεργασία των δεδομένων του VBOX. Η άμεση μέτρηση όμως των μεγεθών αυτών και η σύγκρισή τους με τα προκύπτοντα από επεξεργασία δεδομένα μπορεί να μας βοηθήσει στην εξαγωγή συμπερασμάτων και νέων μεγεθών (όπως η γωνία ολίσθησης)

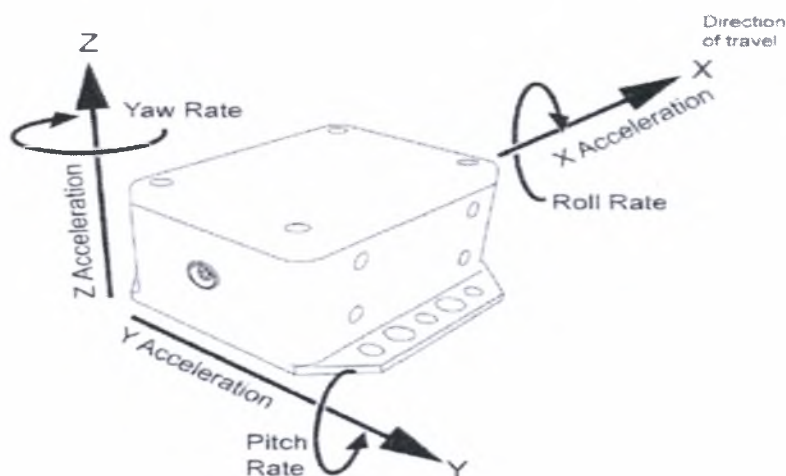


Εικόνα 3.e.i.1) Η μονάδα αδρανειακών μετρήσεων IMU

3.e.ii) Πως λειτουργεί

Τα δεδομένα του αισθητήρα καταγράφονται παράλληλα με τα υπόλοιπα δεδομένα με ρυθμό 20Hz (που μπορεί βέβαια να αλλάξει εάν ο χρήστης επιθυμεί). Η συσκευή εμπεριέχει 7 αισθητήρες, 3 επιταχυνσιόμετρα που αντιστοιχούν σε ένα ορθοκανονικό σύστημα καθώς και 3 γυροσκόπια στο ίδιο σύστημα. Τέλος υπάρχει και ένας αισθητήρας θερμοκρασίας. Η μονάδα συνδέεται με μόνο ένα καλώδιο με τη συσκευή VBOX όπου γίνεται η

καταγραφή και επειδή είναι σχεδιασμένη να λειτουργεί ως συμπληρωματική συσκευή για το VBOX όπως είπαμε και στην προηγούμενη παράγραφο δεν χρειάζεται βαθμονόμηση.



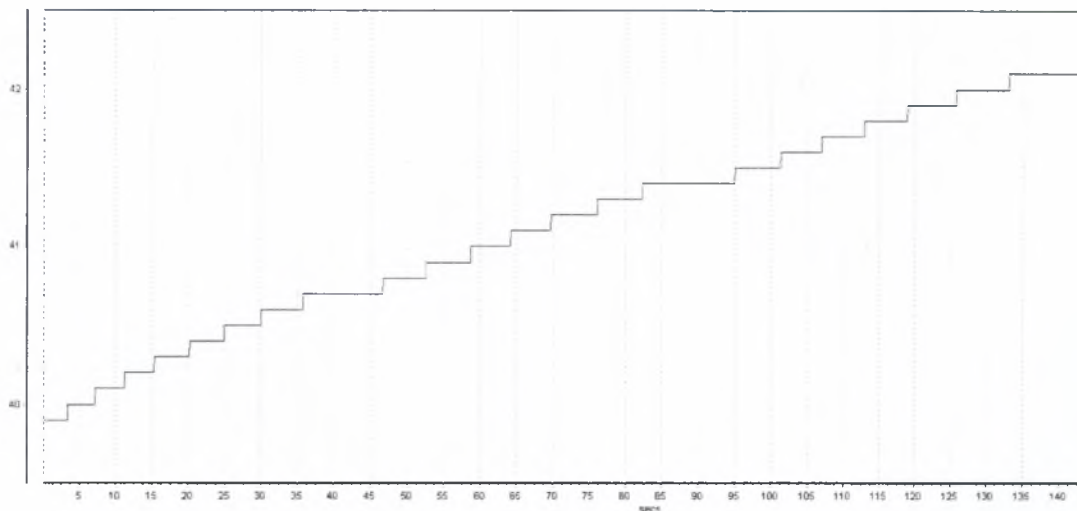
Εικόνα 3.ε.ii.1) Σχηματική απεικόνιση των αξόνων.

3.ε.iii) Ακρίβεια μετρήσεων:

Πέραν των προδιαγραφών ακριβείας που έχει η συσκευή μετρήθηκε η χρονική απόκλιση (drift) των γυροσκοπίων, η οποία όμως έδειξε ένα σφάλμα με συστηματικό χαρακτήρα το οποίο όπως γνωρίζουμε από τη θεωρία σφαλμάτων είναι εφικτό να διορθωθεί.

Τα δεδομένα παρότι αποστέλλονται με προκαθορισμένο ρυθμό στο VBOX (20Hz) δεν καταγράφονται με τον ρυθμό αλλά με δειγματοληψία 500Hz και κατόπιν υπολογίζονται οι μέσοι όροι 25 μετρήσεων και αποστέλλονται ως μία μέτρηση ώστε να μειωθεί το τυχαίο σφάλμα.

Η χρονική ανάλυση της συσκευής είναι τα 0,01 δευτερόλεπτα. Τα γυροσκόπια είναι σε θέση να αναφέρουν ρυθμό περιστροφής έως 150 μοίρες ανά δευτερόλεπτο με ανάλυση 0,01 μοίρες ανά δευτερόλεπτο. Τα επιταχυνσιόμετρα παρέχουν ενδείξεις επίσης στους 3 άξονες με μέγιστη και ελάχιστη τιμή τα 1.7g και ακρίβεια 0,01 g σε τιμές του ενός g ενώ όταν οι τιμές είναι κοντά στα 0 g (συσκευή σε αδράνεια) η ακρίβεια μειώνεται στα 0,02 g. Η ανάλυση είναι στα 0,001 g. Το Θερμόμετρο έχει εύρος λειτουργίας από -32.5 μέχρι τους +53.9 βαθμούς και ανάλυση 0,1 βαθμούς C.



3.ε.iii.1) Γράφημα της συνάρτησης θερμοκρασίας και χρόνου. Το κάθε ένα σκαλοπάτι αντιστοιχεί σε μεταβολή 0,1 βαθμών Κελσίου.

3.ε.iv) Μετρούμενα δεδομένα

Πέρα από τους 3 άξονες για τους οποίους έχουμε ενδείξεις επιτάχυνσης και ρυθμού περιστροφής συν την ένδειξη θερμοκρασίας με αριθμητική ολοκλήρωση των δεδομένων των γυροσκοπίων μπορούμε να υπολογίσουμε τις κλίσεις του αυτοκινήτου στις στροφές καθώς και την κλίση του αυτοκινήτου από την συνιστώσα των επιταχυνσιομέτρων.

3.ε.v) Αντίστοιχα συστήματα

Αντίστοιχο σύστημα με το IMU είναι το σύστημα 3DM-G και το 3DM-GX1 της MicroStrain. Το 3DM-G αποτελείται από 3 επιταχυνσιόμετρα, 3 γυροσκόπια και 3 μαγνητόμετρα όλα ορθοκανονικώς διατεταγμένα. Τα δεδομένα των αισθητήρων αυτών μετατρέπονται σε κωδικοποιημένα δεδομένα μέσω ψηφιοαναλογικού μετατροπέα 16bit και κατόπιν επεξεργασίας μπορεί να εξαχθεί όχι μόνο ο ρυθμός περιστροφής αλλά και η τρέχουσα γωνία εκφρασμένη σε γωνία euler ή σε μητρώο προσανατολισμού.

Ο ρυθμός δειγματοληψίας είναι 350Hz και έχει βαθμονομηθεί για διάφορες θερμοκρασίες λειτουργίας. Η έξοδος δεδομένων είναι είτε της μορφής RS-232 είτε της μορφής RS-485.

Παρότι υπήρχε διαθέσιμο το σύστημα 3DM-G δεν χρησιμοποιήθηκε γιατί η σύνδεσή του με τη μονάδα του VBOX κατέστη ανέφικτη μιας και η μονάδα καταγραφής του VBOX δέχεται δεδομένα με το πρωτόκολλο CANBUS.

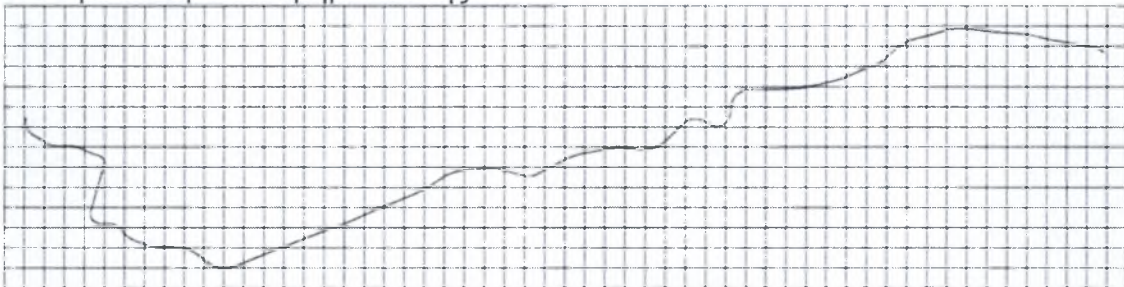


Εικόνα 3.ε.ν) Ο αισθητήρας 3DM-GX1 της MicroStrain.

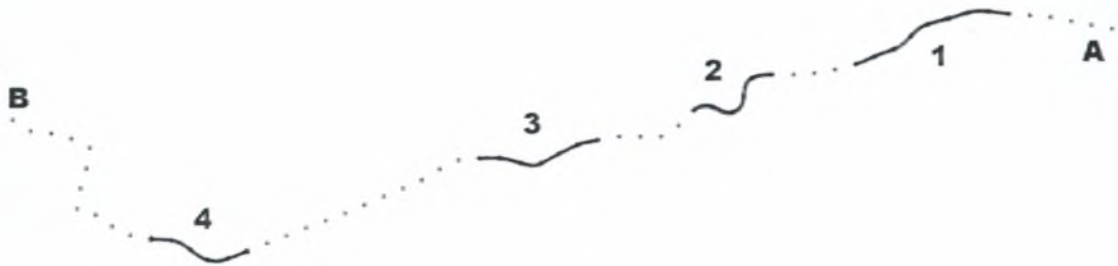
3.f Η ΔΙΑΔΡΟΜΗ

3.f.i Γενικά

Για να μπορέσουμε να κατανοήσουμε την συμπεριφορά των οδηγών και να συσχετίσουμε τα διάφορα μεγέθη που αφορούν την αντίδραση οδηγού (τα γραφήματα ταχυτήτων, επιταχύνσεων και μεταβολής της επιταχύνσεως στο χρόνο) με τα χαρακτηριστικά του δεδομένου οδικού τμήματος πρέπει να έχουμε μια ολοκληρωμένη άποψη της διαδρομής και συγκεκριμένα των μελετούμενων τμημάτων της.



Εικόνα 3.f.i.1: Οριζοντιογραφία της διαδρομής, μήκους 3140 μέτρων. Ο κάνναβος διατρέχεται από κάθετες μεταξύ τους γραμμές οι οποίες απέχουν 50 μέτρα.



Εικόνα 3.f.i.2: Τα 4 σημεία της διαδρομής που παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς και η αρχή A και το πέρας B

Τα μελετούμενα σημεία είναι 4 και μελετούνται κατά τις δύο διευθύνσεις, έτσι θεωρούμε στην ουσία 8 μελετούμενα τμήματα. Κατά την αντίθετη φορά έχουμε μεν σχεδόν ίσες (σχεδόν: γιατί στις μεν αριστερές στροφές το αυτοκίνητο διαγράφει μεγαλύτερη ακτίνα στροφής R' από την ακτίνα στροφής της ερυθράς και στις δεξιές στροφές μικρότερη ακτίνα R) αλλά η



διαμήκης κλίση είναι αντίθετη σε τιμή κατά την διέλευση κατά την αντίθετη φορά και επίσης η ταχύτητα εισόδου στην ίδια στροφή είναι διαφορετική, καθώς και η ορατότητα. Άρα δικαιολογείται η υπόθεση μας ότι το κάθε οδικό τμήμα διατρεχόμενο κατά αντίθετες διευθύνσεις αποτελεί κατ' ουσία ξεχωριστό προς μελέτη.

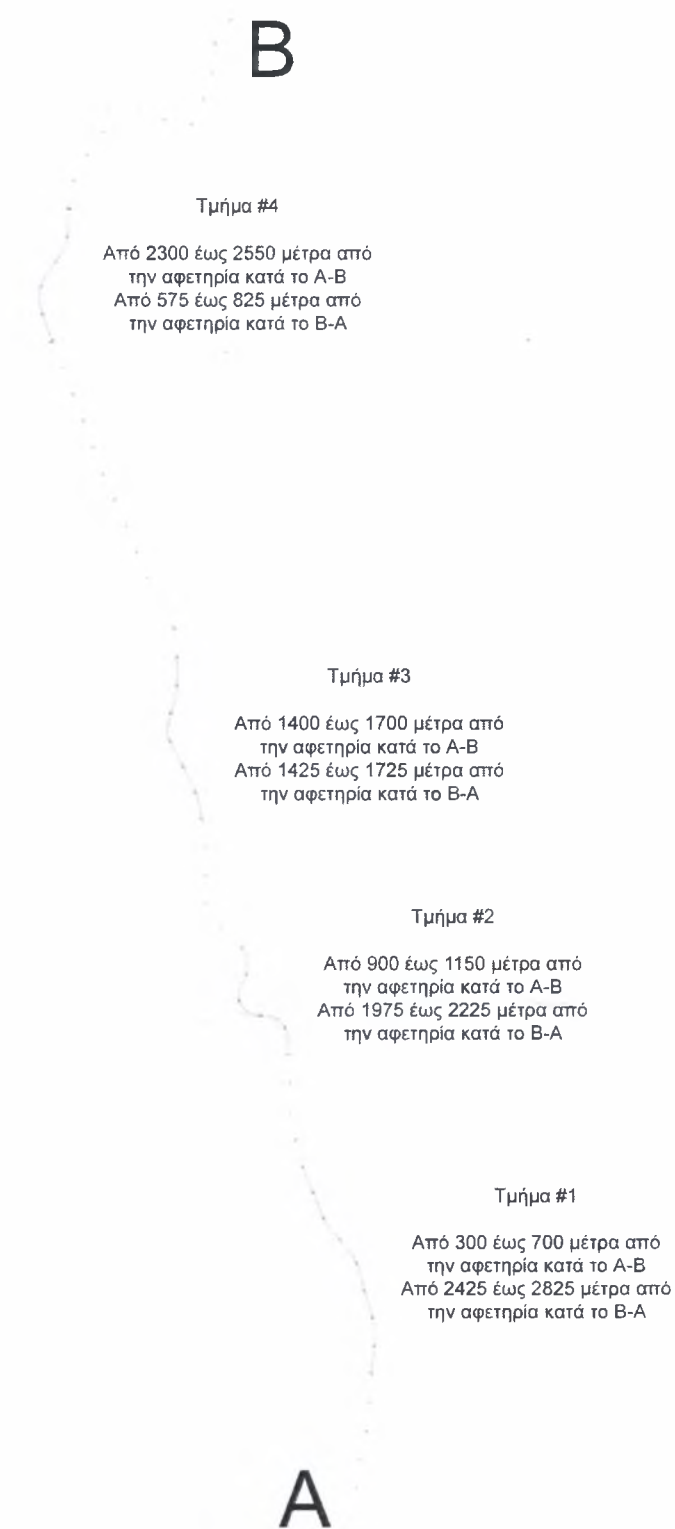


Εικόνα 3.φ.ι.3 Κάτοψη της περιοχής όπου διεξήχθησαν οι μετρήσεις



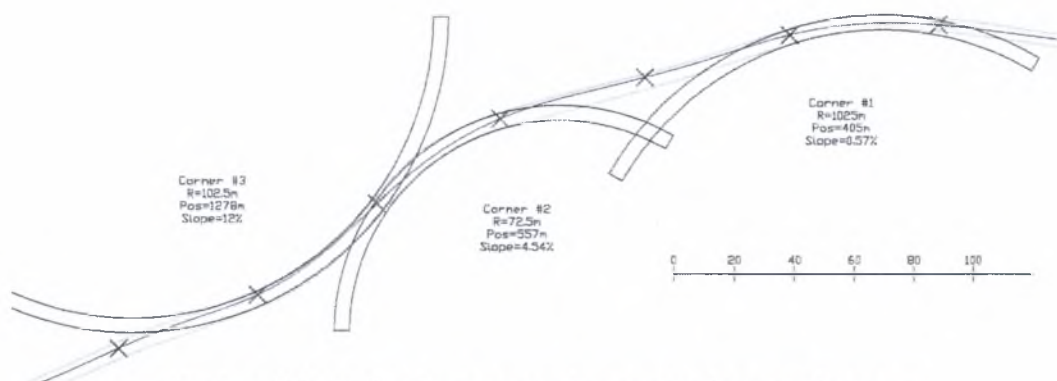
Εικόνα 3.φ.ι.4 Η τοποθεσία της περιοχής στο νομό Μαγνησίας

Αναλυτικότερα τα 4 τμήματα τα οποία παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον κατά τις φορές $A \rightarrow B$ και $B \rightarrow A$ στο σχήμα:

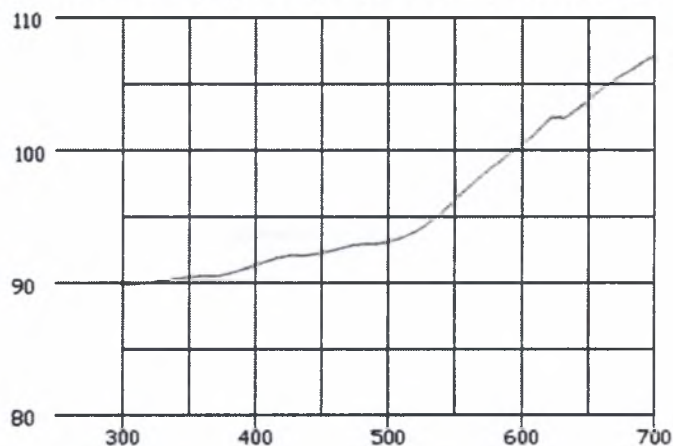


3.f.ii Τα σημεία που παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον

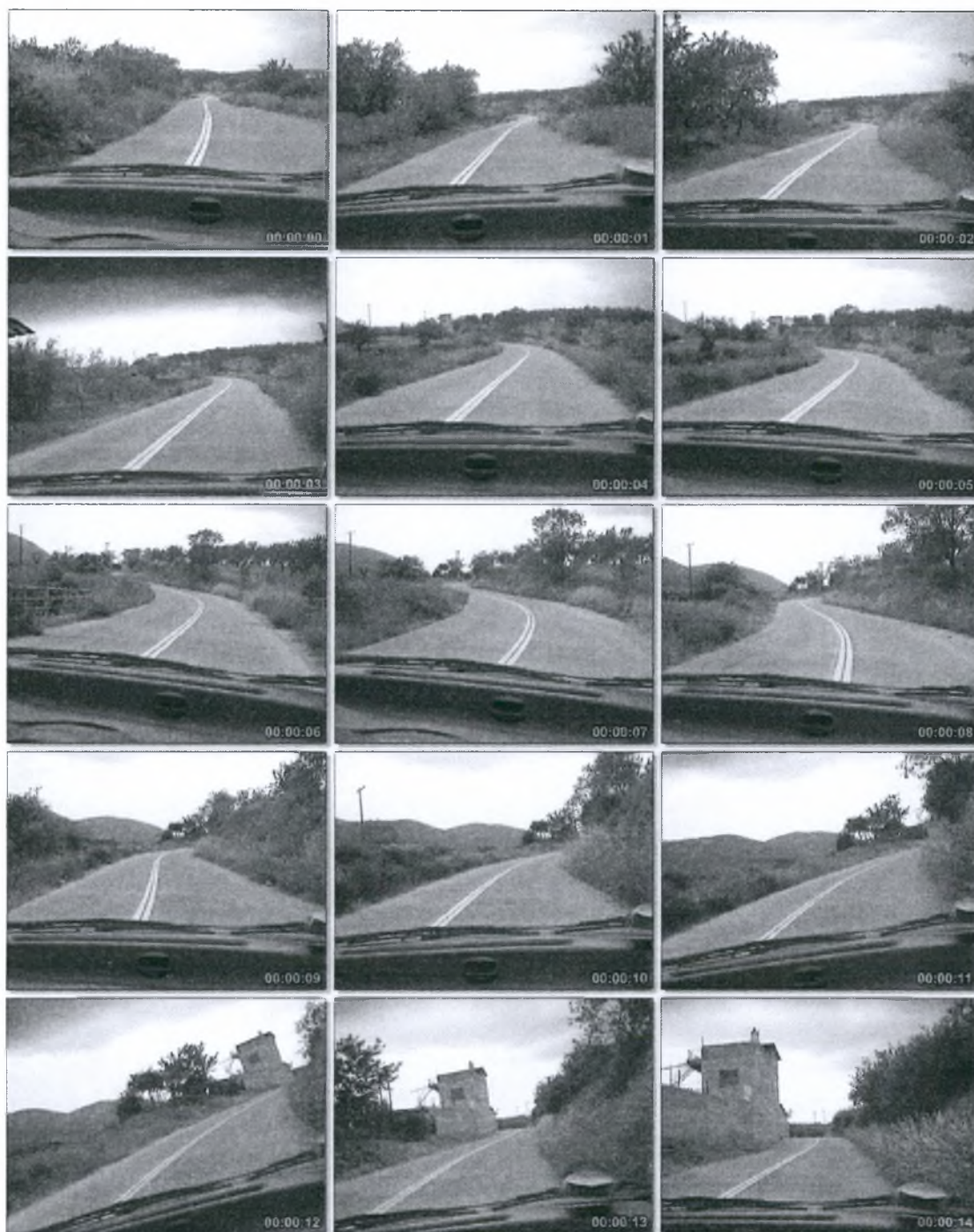
Θα δούμε αναλυτικότερα τα τμήματα τα οποία έχουν σημειωθεί στα παραπάνω σχέδια. Παραθέτονται οριζοντιογραφίες και μηκοτομές για τα τέσσερα τμήματα με τη σειρά που εμφανίζονται κατά τη φορά A->B, καθώς και φωτογραφίες αυτών, για να μπορέσει ο αναγνώστης να έχει μια ιδέα του τι αντιμετώπιζε ο οδηγός και ποια οπτική εικόνα παρουσιάζουν τα γεωμετρικά στοιχεία της οδού καθώς κάποιος τα διασχίζει. Επίσης στις οριζοντιογραφίες μπορούμε να δούμε τις ακτίνες στροφών και το υψόμετρο και τις κλίσεις των εκάστοτε στροφών.



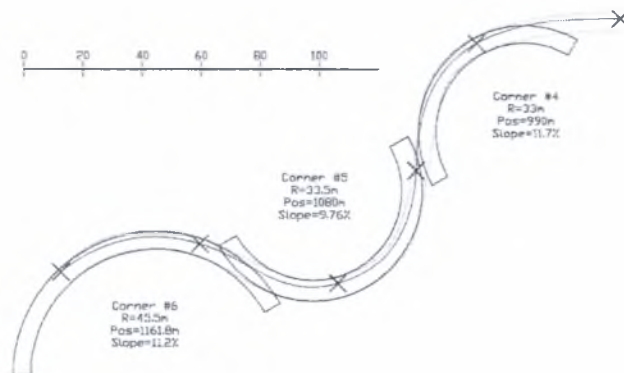
Εικόνα 3.f.ii.1 Οριζοντιογραφία του πρώτου τμήματος



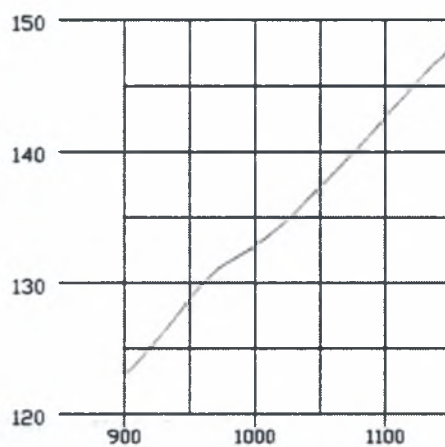
Εικόνα 3.f.ii.2 Μηκοτομή του πρώτου τμήματος



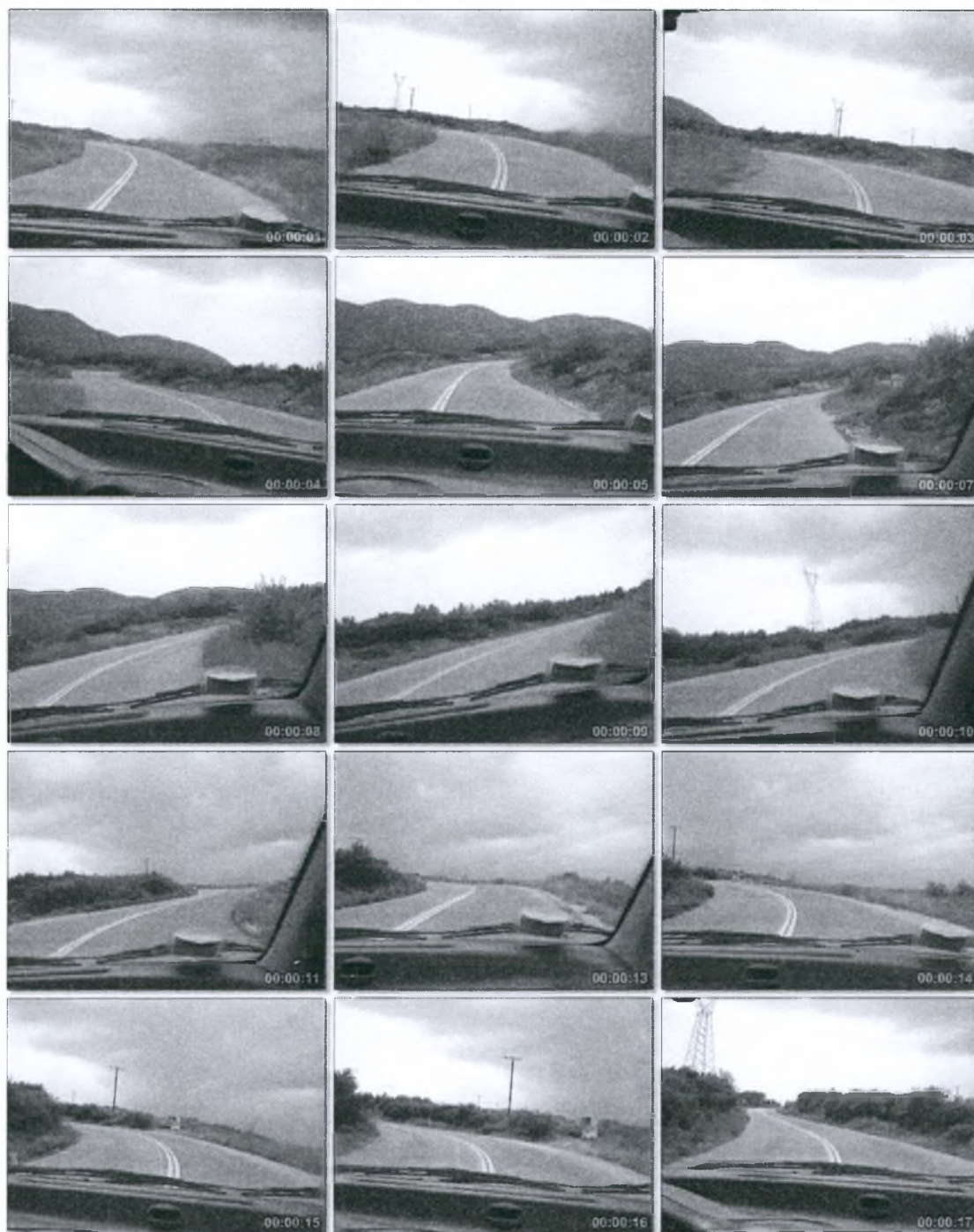
Εικόνα 3.f.ii.3 Στιγμιότυπα κατά τη διέλευση από το πρώτο τμήμα.



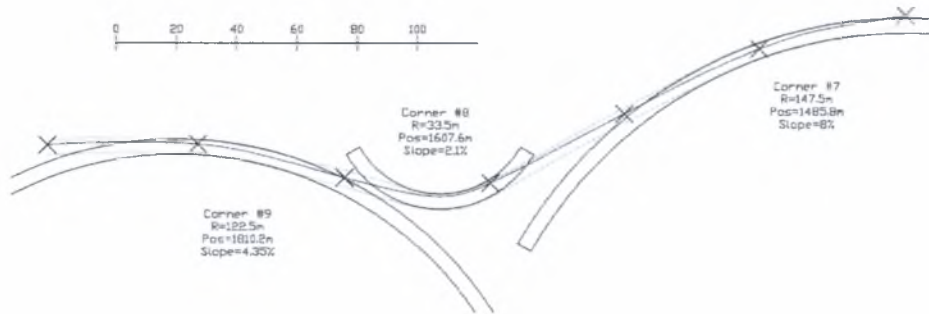
Εικόνα 3.f.ii.4 Οριζοντιογραφία του δεύτερου τμήματος



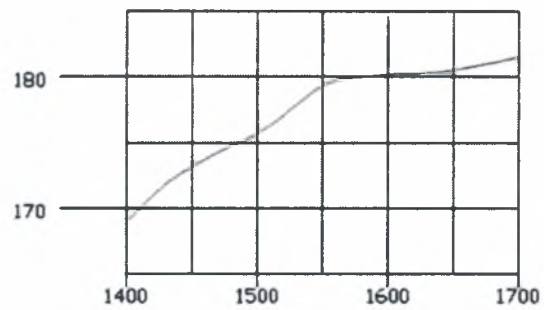
Εικόνα 3.f.ii.5 Μηκοτομή του πρώτου τμήματος



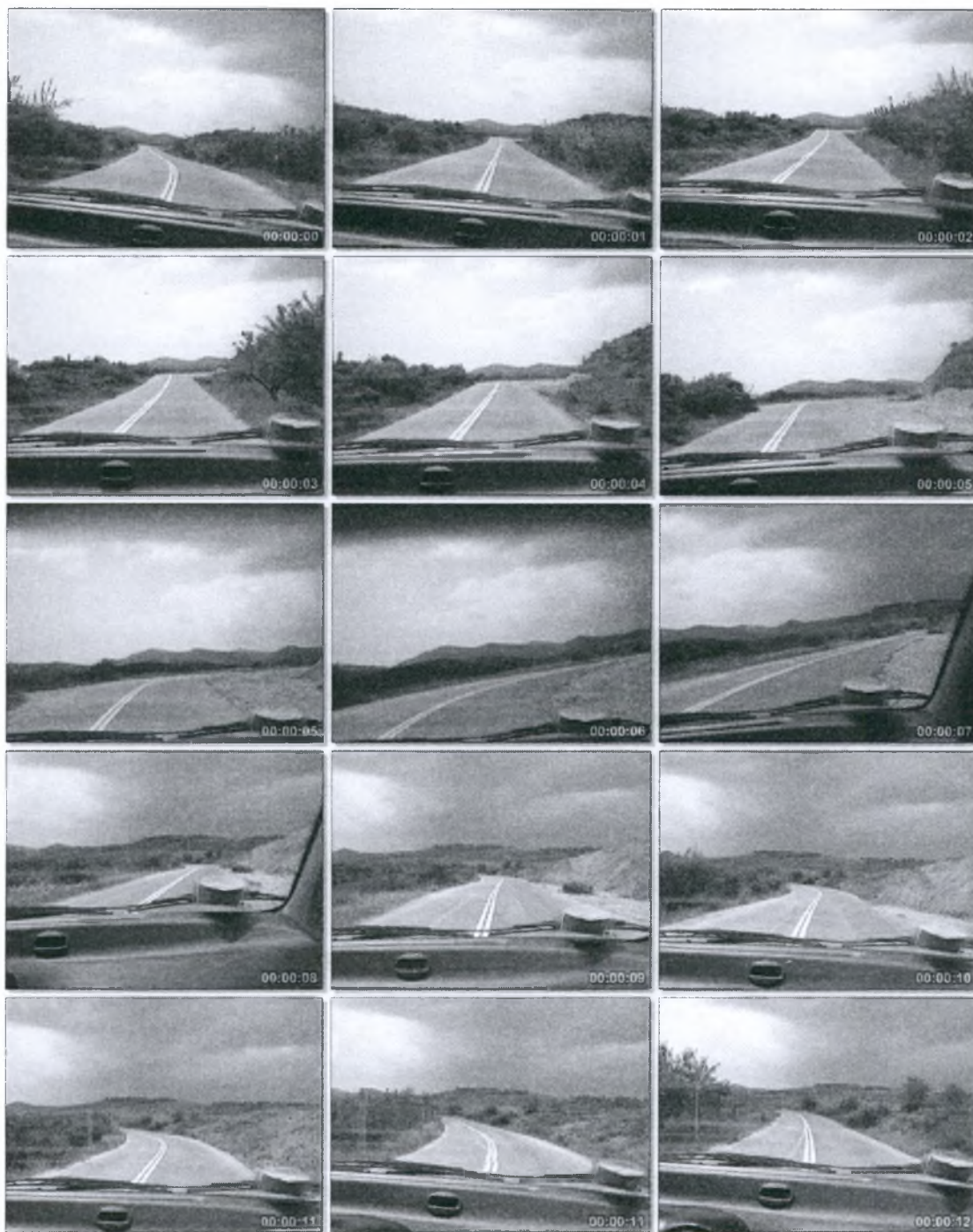
Εικόνα 3.f.ii.6 Στιγμιότυπα κατά τη διέλευση από το δεύτερο τμήμα.



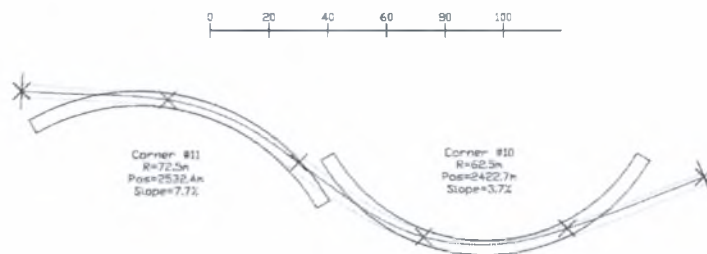
Εικόνα 3.f.ii.7 Οριζοντιογραφία του τρίτου τμήματος



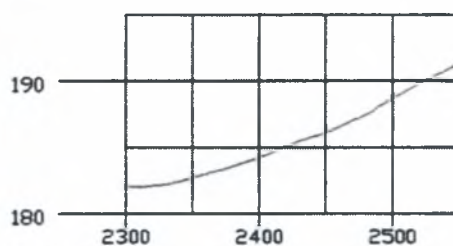
Εικόνα 3.f.ii.8 Μηκοτομή του τρίτου τμήματος



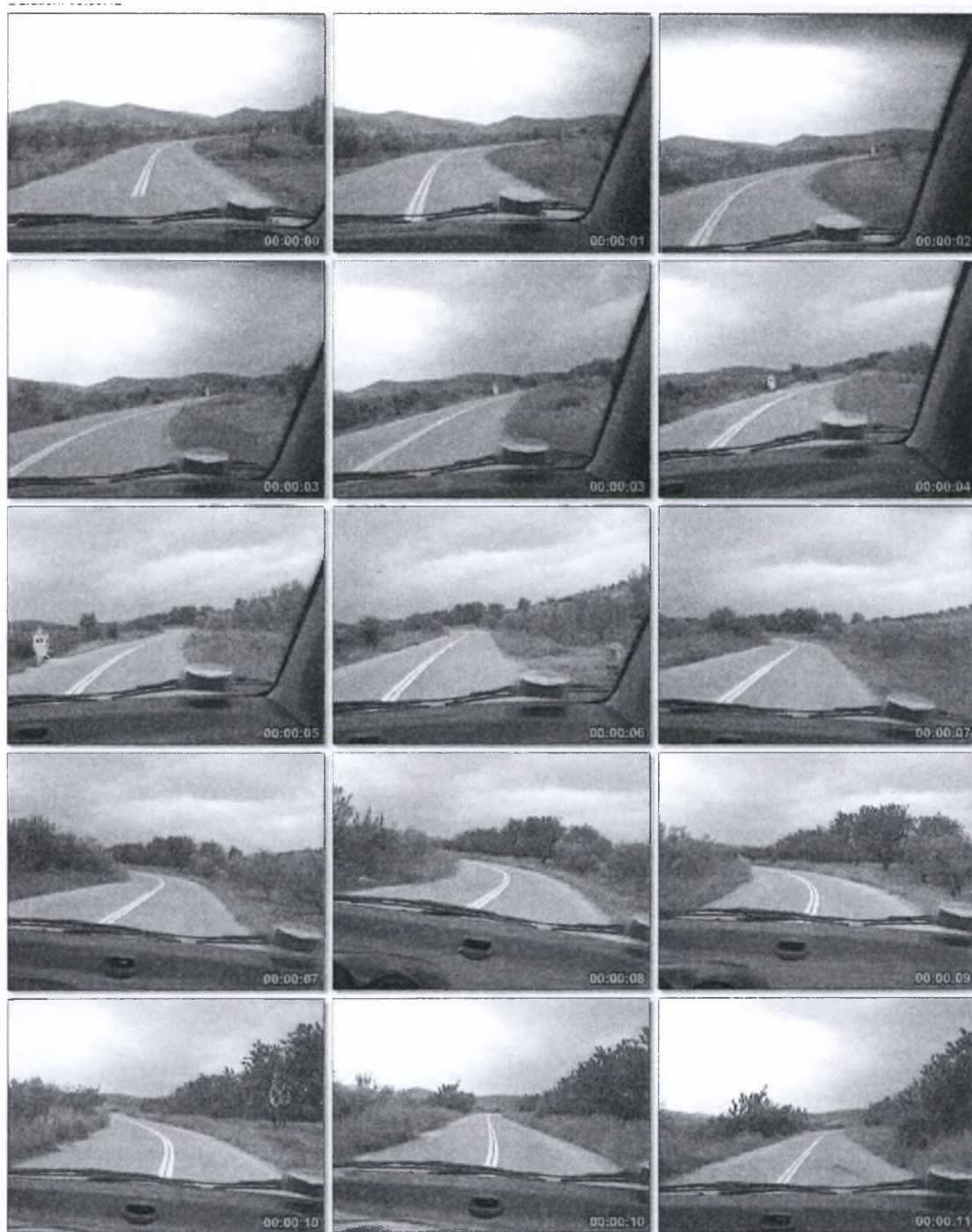
Εικόνα 3.φ.ii.9 Στιγμιότυπα κατά τη διέλευση από το τρίτο τμήμα.



Εικόνα 3.f.ii.10 Οριζοντιογραφία του τρίτου τμήματος



Εικόνα 3.f.ii.11 Μηκοτομή του τρίτου τμήματος



Εικόνα 3.f.ii.12 Στιγμιότυπα κατά τη διέλευση από το τέταρτο τμήμα.

✚ 3.g Οι οδηγοί

Για να έχουμε δεδομένα για το πώς αντιλαμβάνεται ο μέσος (τυχαίος) οδηγός τον κίνδυνο και να δούμε την συμπεριφορά του σε συνάρτηση με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά μετρούμε τα μεγέθη (π.χ. ταχύτητα, θέση, επιτάχυνση) που προσδιορίζουν την συμπεριφορά του.

Ο κάθε οδηγός έχει διαφορετικές οδηγικές συνήθειες, και ταυτόχρονα γίνεται ποιο περίπλοκη η κατάσταση δεδομένου ότι η συμπεριφορά του ποικίλει ανάλογα με την ενίοτε ψυχολογική του κατάσταση. Για να αντισταθμίσουμε αυτό το φαινόμενο και να είμαστε συνεπείς με τον ορισμό που δώσαμε περί πειράματος στο κεφάλαιο στο 3.a θα αυξήσουμε τον αριθμό των οδηγών στους 6 και τον αριθμό των διελεύσεων τους σε 2 κατά κάθε κατεύθυνση. Με έναν γρήγορο υπολογισμό έχουμε 2 διευθύνσεις επί 2 διελεύσεις, επί 4 αυτοκίνητα επί 6 οδηγούς μας κάνουν 96 Διαδρομές. Αν αναλογιστούμε τα 3150 μέτρα τις κάθε διαδρομής έχουμε συνολικά το εντυπωσιακό νούμερο των 3024 χιλιομέτρων μετρήσεων (τα οποία ανεβαίνουν χονδρικά κατά ένα 20% αν συνυπολογίσουμε τις διαδρομές οι οποίες διακόπηκαν από διάφορους λόγους, όπως βραδυπορούντα οχήματα ή τεχνικά προβλήματα που αφορούσαν τον μετρητικό εξοπλισμό. Στο σημείο αυτό πρέπει να ευχαριστήσω ξανά τους εθελοντές οδηγούς για την υπομονή τους)

Οι 6 οδηγοί χωρίστηκαν ανάλογα με την εμπειρία τους σε 3 έμπειρους οδηγούς που χρησιμοποιούν αυτοκίνητο καθημερινά και σε 3 άπειρους περιστασιακούς οδηγούς.

✚ 3.h τα δεδομένα

3.h.i Η συλλογή των δεδομένων

Αφού τοποθετήσουμε την συσκευή στο αυτοκίνητο, συνδέσουμε την τροφοδοσία της στην θέση του αναπτήρα και την κεραία του G.P.S. στην οροφή του αυτοκινήτου εισάγουμε την κάρτα τύπου Compact flash στο VBOX και ανοίγουμε την τροφοδοσία του αυτοκινήτου. Αφού περιμένουμε να ανάψει η ενδεικτική λυχνία που μας δείχνει ότι το VBOX εντόπισε τους δορυφόρους (όπως αναλύσαμε στο κεφάλαιο τις αστρονομικής εφημερίδας) μπορούμε να ξεκινήσουμε. Έχουμε ορίσει σαν προεπιλογή στο VBOX να αρχίζει και να συνεχίζει η καταγραφή μόνο όταν υπάρχει έστω και ελάχιστη κίνηση του δέκτη οπότε η καταγραφή αρχίζει με το που ξεκινήσει ο οδηγός και σταματά αυτόματα στο τέλος της διαδρομής.

Οι μετρήσεις ξεκινούσαν με κάθε νέο αυτοκίνητο, γινόταν συνήθως κατά τη διάρκεια μιας ή δύο ημερών με τον κάθε οδηγό να κάνει 4 διαδρομές (2 διελεύσεις προς τις 2 διευθύνσεις). Για κάθε διαδρομή δημιουργείται από το VBOX ένα αρχείο *.VBO μέσα στην compact flash με όνομα αρχείου έναν

τον αύξοντα αριθμό της μέτρησης. Έτσι για κάθε ημέρα απαιτούνταν 24 έγκυρα αρχεία *.VBO (4 διαδρομές για 6 οδηγούς με το εκάστοτε όχημα).

3.h.ii Η δομή των αρχείων VBO

Το κάθε αρχείο VBO που καταγράφει το VBOX αποτελείται από το πεδίο της επικεφαλίδας που έχει τις πληροφορίες για την ώρα που δημιουργήθηκε το αρχείο, πληροφορίες για τα δεδομένα που περιέχονται καθώς και τις μονάδες (π.χ. μοίρες ανά δευτερόλεπτο για τα γυροσκόπια).



```
File Edit View Search Tools Documents Help
_ANNA_A_1.VBO
longitude
velocity kmh
heading
height
vertical velocity kmh
Long accel g
Lat accel g
Trigger event time in clock counts
Slip angle
Radius of Turn
distance m
gps distance from start point in meters
incremental time in seconds
Long acc calc
Lat acc calc
x y position in meters
relative height metres
YawRate
X_Accel
Y_Accel
Temp
PitchRate
RollRate
Z_Accel

[channel units]
°/s
g
g
°C
°/s
°/s
g

[comments]

[column names]
sats time lat long velocity heading height vert-vel GPS-Longacc GPS-Latacc
event1 Slip Turn Radius distance gps-dist inc-time Longacc Latacc xpos_ypos
rel_height YawRate X_Accel Y_Accel Temp PitchRate RollRate Z_Accel
[data]
009 092735.60 +02361.88913 -01972.39456 000.482 291.68 +00085.47 +000.144
+00.00 +00.00 000000 +0.000000E+00 +0.000000E+00 00000000.00 +00000000.00 000000.00
+00.00 +00.00 +00000000.00 +00000000.00 +000.000 +2.14000E+00 +6.22695E-02

Ln 1, Col 1 INS
```

Εικόνα 3.h.ii.1 Η επικεφαλίδα του αρχείου VBO

Όπως βλέπουμε και στο παραπάνω αρχείο κατά την εγγραφή του αρχείου στη συσκευή καταγράφονται:

- ❖ Ο αριθμός των ορατών δορυφόρων G.P.S. μια παράμετρος χρήσιμη γιατί μας δείχνει την ποιότητα της μέτρησης τη δεδομένη χρονική στιγμή και είναι επίσης χρήσιμο δεδομένο αν χρησιμοποιηθεί επεξεργασία kalman για διόρθωση.
- ❖ Ο αριθμός των ορατών δορυφόρων Glonass
- ❖ Ο αριθμός των συνολικά ορατών δορυφόρων.
- ❖ Ο χρόνος GPS με χρονικό βήμα 0.05 sec (ή με βήμα ίσο με 1 προς την συχνότητα λειτουργίας που έχουμε επιλέξει. Έχουμε επιλέξει τη μέγιστη δυνατή 20Hz οπότε το βήμα προκύπτει 0.05 sec)
- ❖ Το γεωγραφικό μήκος και πλάτος
- ❖ Την ταχύτητα του οχήματος (στο σύστημα συντεταγμένων του αυτοκινήτου)
- ❖ Το υψόμετρο που βρίσκεται το οχήμα.
- ❖ Την κατακόρυφη (σε σχέση με τον ορίζοντα) συνιστώσα της ταχύτητας του οχήματος
- ❖ Τη θέση του διακόπτη «trigger» που παίρνει δύο τιμές 0 (ανοικτό) και 1 (κλειστό). Χρησιμοποιείται για να μπορεί να γίνει επισήμανση των σημείων πάνω στη διαδρομή αλλά δεν χρησιμοποιήθηκε.
- ❖ Τον προσανατολισμό του αυτοκινήτου σε μοίρες σε σχέση με τον προσανατολισμό που είχε όταν ξεκίνησε η μέτρηση
- ❖ Οι από παραγωγή της ταχύτητας επιταχύνσεις εκφρασμένες όχι στον χώρο αλλά σχετικές με τον προσανατολισμό του αυτοκινήτου, έτσι ώστε να προκύψει η διαμήκης και οι πλευρικής επιταχύνσης. Επειδή προκύπτει μέσο παραγωγής και όχι μέσο επιταχυνσιόμετρου έχει και η επικέτα του πεδίου έχει το πρόθεμα GPS (GPS-Longacc και GPS-Latacc).

Από την IMU (Inertial Measurement Unit – Αδρανιακή Μετρητική Μονάδα) που έχουμε συνδεδεμένη στο VBOX προκύπτουν επίσης άλλα 7 κανάλια που αντιστοιχούν σε 7 πεδία στο αρχείο:

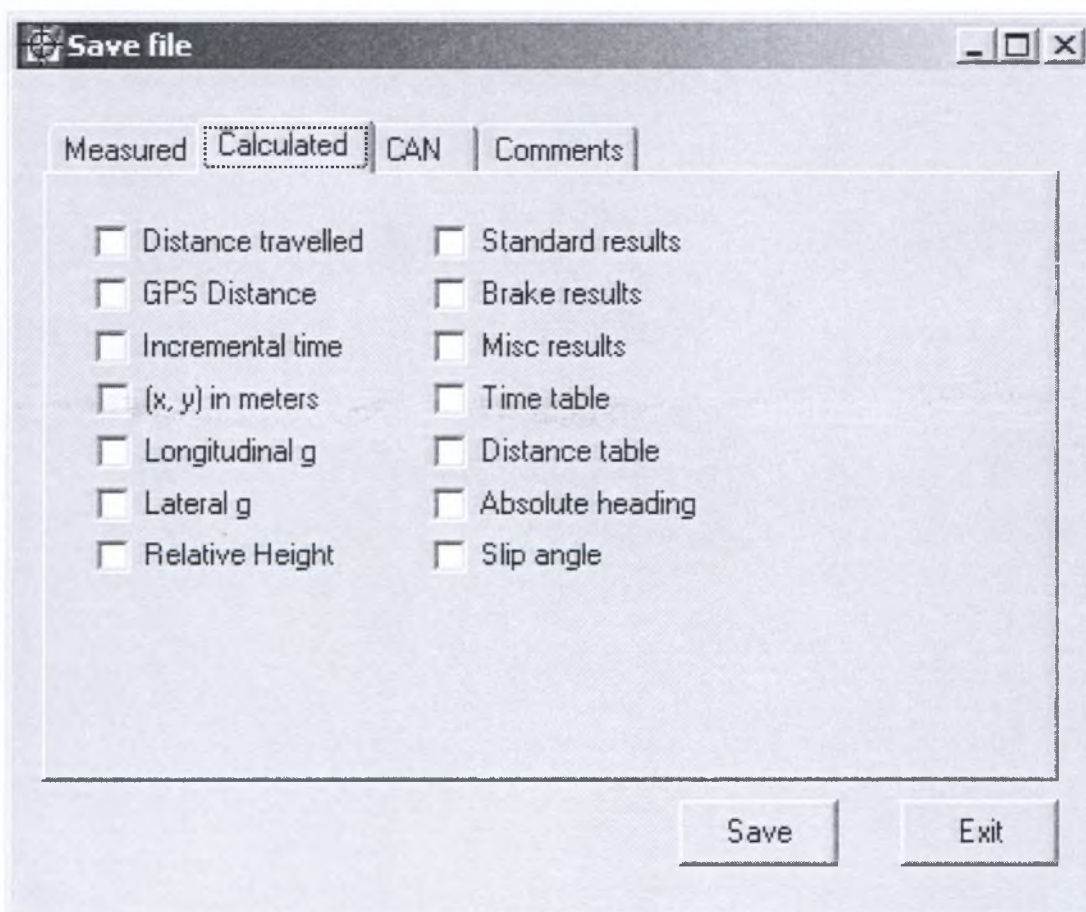
- ❖ 3 πεδία για τις επιταχύνσεις στους άξονες X-Y-Z από τα επιταχυνσιόμετρα του IMU. Κατά την τοποθέτηση του IMU υπό ηρεμία έπρεπε να έχουμε 0 επιτάχυνση για τους άξονες X και Y και ένδειξη 1g στον κατακόρυφο άξονα ώστε να βεβαιωθούμε ότι δώσαμε τον σωστό προσανατολισμό
- ❖ 3 πεδία για τις καταγραφές των γυροσκοπίων τα οποία μας δείχνουν γωνιακή ταχύτητα και η καταγραφή είναι σε μοίρες ανά δευτερόλεπτο.
- ❖ Ένδειξη θερμοκρασίας. Η θερμοκρασία δεν μας είναι πολύ χρήσιμη αλλά ο αισθητήρας ήταν απαραίτητος για τις υπόλοιπες λειτουργίες του IMU μιας και αλλαγές στη θερμοκρασία αλλάζουν τις ενδείξεις οπότε χρειάζεται αναβαθμονόμηση. Η αναβαθμονόμηση γίνεται αυτόματα δεν μας απασχολεί και είναι διάφανη σε μας.

3.h.iii Δεδομένα από επεξεργασία.

Αφού έχουμε οργανώσει τα αρχεία VBO τα φορτώνουμε στο πρόγραμμα της Racelogic το οποίο μπορεί να μας παρέχει περαιτέρω λειτουργίες όπως ενδείξεις του VBOX τη στιγμή των μετρήσεων, πρόσβαση στις ρυθμίσεις του VBOX επεξεργασία και παρουσίαση των αποτελεσμάτων με πολλούς τρόπους.

Παρότι υπάρχει επιλογή να μας παρουσιάζονται τα δεδομένα (επιταχύνσεις, υψόμετρα ή οτιδήποτε άλλο) σε γραφήματα είτε συναρτήσει του χρόνου είτε της απόστασης δεν μπορούμε να αποθηκεύσουμε δεδομένα σε αρχείο με δειγματοληψία ανά σταθερή απόσταση αλλά μόνο με σταθερό χρονικό βήμα. Θα δούμε στο επόμενο κεφάλαιο πως αντιμετωπίζουμε αυτό το πρόβλημα.

Το κάθε αρχείο VBO περιείχε τα δεδομένα που αναφέραμε στο παραπάνω κεφάλαιο. Φορτώνοντας τα το αρχείο στο λογισμικό του VBOX μπορούμε να αποκτήσουμε πρόσβαση σε δεδομένα τα οποία δεν κατεγράφησαν από την συσκευή αλλά προκύπτουν από υπολογισμό και αναφέρονται σαν υπολογισμένα δεδομένα (calculated).



Εικόνα 3.h.iii.1 Το παράθυρο διαλόγου αποθήκευσης αρχείου του λογισμικού του VBOX της racelogic και οι επιλογές.

Όπως παρατηρούμε στο παράθυρο διαλόγου υπάρχουν 4 καρτέλες στις οποίες μπορούμε να επιλέξουμε τι θέλουμε να αποθηκεύσουμε από το αρχείο που έχουμε φορτώσει στη μνήμη και από τα υπολογισμένα δεδομένα που μπορούν να προκύψουν από αυτό. Στην πρώτη καρτέλα (Measured) έχουμε τα δεδομένα που κατέγραψε η συσκευή όπως αναλύσαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Στην τρίτη καρτέλα είναι οι μετρήσεις του IMU το οποίο είναι εξωτερικός αισθητήρας που στέλνει δεδομένα μέσω CanBUS εκ του οποίου παίρνει και το όνομά της η καρτέλα (CAN). Στην τέταρτη καρτέλα έχουμε τα σχόλια που έχουμε κάνει στο αρχείο (Comments) και η δεύτερη που προβάλλεται και μας ενδιαφέρει στο κεφάλαιο αυτό έχει τα εξής πεδία

- ❖ Distance traveled: Το ακριβέστερα υπολογισμένο διανυθέν μήκος (το μήκος της τροχιάς του αυτοκινήτου, ΟΧΙ η απόσταση από την αρχική θέση όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο) με ολοκλήρωση της ταχύτητας.
- ❖ GPS Distance: Η απόσταση του οχήματος από την αρχή της μέτρησης σε ευθεία γραμμή. Η θέση του δέκτη G.P.S. από την τρέχουσα θέση του δέκτη (που στην πράξη δεν χρησιμοποιείται πουθενά παρά για τον ορισμό της αρχικής θέσης λόγω της μειωμένης ακρίβειας) και η απόσταση σε ευθεία από την αρχική θέση
- ❖ Incremental time: Η χρονική στιγμή από την αρχή της μέτρησης. Ουσιαστικά η τρέχουσα τιμή της ένδειξης «χρόνου GPS» μείων την αρχική τιμή της ίδιας ένδειξης
- ❖ (X, Y) in meters: Ορίζοντας σαν σημείο 0,0 το πρώτο σημείο της μέτρησης και X και Y άξονες τους άξονες γεωγραφικού μήκους και πλάτους αντίστοιχα δημιουργούμε μία γεωδαιτική προβολή ώστε να έχουμε κάτοψη (οριζοντιογραφία) της διαδρομής.
- ❖ Longitudinal g: Η υπολογισμένη διαμήκης επιτάχυνση του οχήματος λαμβάνοντας υπόψιν την αρχικά υπολογισμένη επιτάχυνση λόγω παραγωγίσις της ταχύτητας, η οποία όμως λαμβάνει υπόψιν και την υπολογισμένη κλίση του οχήματος εκφρασμένη στο σύστημα συντεταγμένων του αυτοκινήτου.
- ❖ Lateral g: Αντίστοιχα με το παραπάνω αλλά αυτή τη φορά αφορά πλευρική (εγκάρσια) επιτάχυνση.
- ❖ Relative Height: Η σχετική διαφορά ύψους από την αρχική θέση (την θέση που άρχισε η μέτρηση)
- ❖ Slip Angle: Σε περίπτωση ύπαρξης γυροσκοπίου μπορούμε να συγκρίνουμε τα δεδομένα του με τα δεδομένα από την παραγωγή των δεδομένων του προσανατολισμού και να προκύψει η γωνία ολίσθησης όπως αναλύσαμε στο κεφάλαιο 3.c.i.
- ❖ Τον προσανατολισμό του αυτοκινήτου σε μοίρες σε σχέση με το Βορρά. 0 μοίρες αντιστοιχούν στο Βορρά.
- ❖ Misc Results: Δεδομένα όπως ο ακτίνα στροφής στο κάθε σημείο

Επίσης μπορούμε να σώσουμε και τα δεδομένα των Standard results, Brake Results και time table που ουσιαστικά είναι αποτελέσματα τυποποιημένων μετρήσεων πολύ χρήσιμα όταν μετρούμε επιδόσεις αυτοκινήτων αλλά δεν μας αφορούν στην τρέχουσα περίπτωση.

Αφού φορτώσουμε τα αρχεία στο λογισμικό του VBOX και τα αποθηκεύσουμε μαζί με τα πρόσθετα δεδομένα τα οποία προκύπτουν από επεξεργασία των βασικών έχουμε πλήρη δεδομένα για συγκεκριμένες χρονικές στιγμές οι οποίες διαδέχονται η μία την άλλη ανά 0.05 δευτερόλεπτα.

3.h.iv Το πρόβλημα της μορφής των δεδομένων.

Με τα δεδομένα στην μορφή που προαναφέραμε εμπλουτισμένα με τα υπολογισμένα δεδομένα από το λογισμικό του VBOX μπορούμε να κάνουμε γραφήματα με το λογισμικό του VBOX για να δούμε πως συναρτάται το κάθε μέγεθος με την διανυθείσα από την αρχή απόσταση ή με το χρόνο. Πράγμα πολύ χρήσιμο όταν για παράδειγμα θέλουμε να βγάλουμε συμπεράσματα για τις επιδόσεις ενός αυτοκινήτου ή για τη συμπεριφορά μεμονωμένης διαδρομής ενός οδηγού.

Όταν θέλουμε να έχουμε δεδομένα (για κάθε οδηγό ή μέση τιμή αυτών των δεδομένων για πολλούς οδηγούς) που αφορούν συγκεκριμένο σημείο, όπως για παράδειγμα μια στροφή με ιδιαίτερο ενδιαφέρον τα πράγματα περιπλέκονται. Ο οδηγός Α μπορεί να διήλθε από την στροφή τη χρονική στιγμή 0:35, ο οδηγός Β τη στιγμή 0:38 και ο οδηγός Γ τη στιγμή 0:30. Πως μπορούμε να κάνουμε σύγκριση της ταχύτητας των οδηγών στο δεδομένο σημείο;

Για να αντιπαρέλθουμε αυτή τη δυσκολία ορίσαμε ένα σημείο εκκίνησης κατά την φορά Α->Β και ένα σημείο εκκίνησης κατά την φορά Β->Α στο οποίο έπρεπε να βρίσκεται το όχημα πριν ξεκινήσει η κάθε μέτρηση και στη συνέχεια αποφασίσαμε ότι σαν σημείο αναφοράς για τα δεδομένα μας δεν θα έχουμε τη χρονική στιγμή αλλά την απόσταση από την αφετηρία. Έτσι ξέρουμε ότι όταν ο κάθε οδηγός έχει διανύσει για παράδειγμα 970 μέτρα από την αφετηρία βρίσκεται στη στροφή #3. Ανάλογα με το πόσο ανοικτά η κλειστά διέρχεται από την κάθε στροφή ο εκάστοτε οδηγός μπορεί να έχει μια απόκλιση από τους άλλους, δηλαδή ο ένας οδηγός να συναντά την στροφή 3 στα 970,3 μέτρα ενώ κάποιος άλλος στα 970,2 μέτρα για παράδειγμα. Αποδεικνύεται από τις μετρήσεις ότι αυτή η διαφορά είναι από αμελητέα έως μη μετρίσιμη επιβεβαιώνοντας την ορθότητα της επιλογής μας της μεθόδου αυτής.

Το πρόβλημα δεν σταματά όμως εδώ. Ξέρουμε μεν την ταχύτητα στο τρέχον σημείο και λύσαμε και το πρόβλημα των γραφημάτων ώστε να αντιπαραθέσουμε τα δεδομένα διαφορετικών διαδρομών μέσω των γραφημάτων συσχέτισης 2 τιμών όπου σαν άξονα Υ ορίζουμε το μέγεθος που θέλουμε να προβάλλουμε και σαν άξονα Χ την απόσταση από την αφετηρία. Τι γίνεται όμως στην περίπτωση που θέλουμε να δούμε τη μέση

τιμή των ταχυτήτων σε ένα σημείο. Πολύ απλά κάποιος θα σκεφτεί ότι βρίσκουμε μέσα στα δεδομένα τις θέσεις των σημείων που μας ενδιαφέρουν και βρίσκουμε το μέσο όρο αυτών.

Πέρα από κοπιαστικό το παραπάνω παράδειγμα είναι πολύ επιρρεπές σε πιθανό λάθος και δεν μας δίνει την δυνατότητα να βγάλουμε μέσους όρους για όλα τα σημεία (τουλάχιστον χωρίς εργασία η οποία να μπορεί να περατωθεί σε λογικό χρονικό διάστημα). Οπότε θα μεταβούμε σε μια άλλη λογική. Θα αλλάξουμε το ρυθμό δειγματοληψίας από σταθερό χρονικό βήμα 0,05 δευτερόλεπτα σε 0,5 μέτρα. Και αφού δεν έχουμε τη δυνατότητα να το κάνουμε με το λογισμικό του VBOX θα χρησιμοποιήσουμε δικό μας.

Ουσιαστικά το λογισμικό που θα γράψουμε θα δημιουργεί σειρά δεδομένων για το σημείο που απέχει N μέτρα από την αφετηρία αναζητώντας στο αρχείο VBO την εγγραφή δεδομένων αμέσως πριν το σημείο N και την εγγραφή αμέσως μετά το σημείο N . Στη συνέχεια θα δημιουργεί όλες τις εγγραφές με γραμμική παρεμβολή.

Για παράδειγμα αν θέλουμε να δούμε τα δεδομένα για την απόσταση $N = 100$ μέτρα από την αφετηρία ανοίγουμε το αρχείο και βρίσκουμε τις κοντινότερες πριν και μετά εγγραφές: έστω στα 99,5 μέτρα με ταχύτητα 70 χιλιόμετρα την ώρα τη χρονική στιγμή 33,10 δευτερόλεπτα και 101,5 μέτρα με ταχύτητα 74 χιλιόμετρα την ώρα τη χρονική στιγμή 33,50 δευτερόλεπτα. Τότε μέσω γραμμικής παρεμβολής δημιουργούμε τη σειρά δεδομένων για τα 100 μέτρα με ταχύτητα που προκύπτει από γραμμική παρεμβολή 71 χιλιόμετρα την ώρα. Ο χρόνος επίσης όπως και όλα τα άλλα δεδομένα θα προκύψουν από γραμμική παρεμβολή και θα πάρει την τιμή 33,20 δευτερόλεπτα.

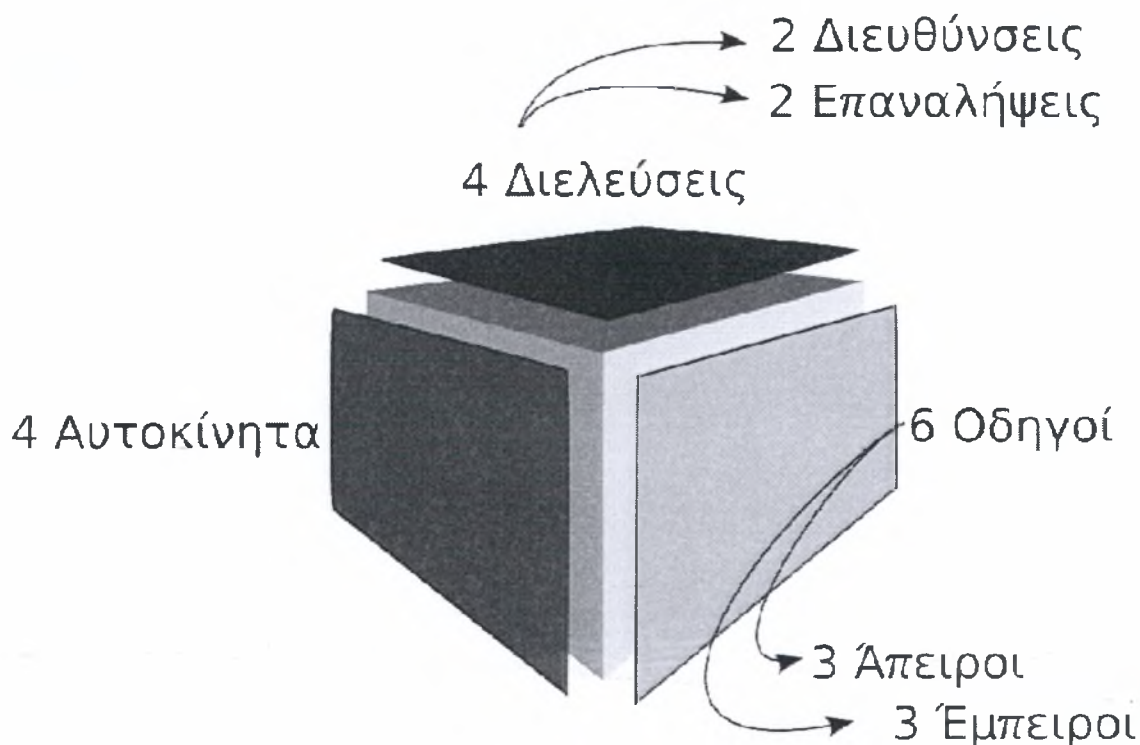
Αν κάνουμε την παραπάνω διαδικασία για όλα τα σημεία N ανά K μέτρα (στην περίπτωση μας $K = 0,5$ μέτρα) και σώσουμε τα δεδομένα που προκύπτουν σε ένα νέο αρχείο έχουμε αρχεία δεδομένων παρόμοια με τα παλιά μόνο που τώρα έχουμε σταθερό βήμα απόστασης αντί για σταθερό χρονικό βήμα!

3.h.v Η ανάλυση των δεδομένων.

Έχοντας τα δεδομένα σε χρησιμότερη μορφή μπορούμε πλέον να αρχίσουμε την ανάλυση τους ώστε να μπορέσουμε να εξάγουμε συμπεράσματα. Όπως προαναφέραμε μια μεμονωμένη μέτρηση δεν μπορεί να μας οδηγήσει σε συμπεράσματα μιας και η επιρροή της ψυχολογικής κατάστασης του οδηγού μπορεί να δημιουργήσει τόσο μεγάλες διαφορές στην οδηγική του συμπεριφορά. Για να προσπαθήσουμε να απαλείψουμε τις διακυμάνσεις αυτές θα χωρίσουμε τις μετρήσεις σε ομάδες στις οποίες όλοι οι παράγοντες παραμένουν σταθεροί και η διαφορά εστιάζεται μόνο σε έναν παράγοντα κάθε φορά. Για παράδειγμα αν θέλουμε να δούμε πώς αλλάζει η συμπεριφορά των οδηγών όταν αλλάζει ο παράγοντας αυτοκίνητο, δημιουργούμε 4 ομάδες μετρήσεων, μία για κάθε αυτοκίνητο. Σε κάθε ομάδα έχουμε όλα τα αρχεία που αφορούν το αυτοκίνητο της ομάδας ανεξαρτήτως οδηγού, φοράς ή αριθμού διέλευσης.

Επειδή όμως τα δεδομένα μας (ταχύτητα, επιτάχυνση, ακτίνα στροφής κτλ) είναι συνάρτηση τις θέσης στην οποία βρισκόμαστε μπορούμε για κάθε ομάδα να χρησιμοποιήσουμε ένα «αντιπροσωπευτικό» αρχείο δεδομένων το οποίο προκύπτει αν σαν κάθε πεδίο δεδομένων του, ορίζουμε σαν τιμή τον μέσο όρων όλων των αντίστοιχων πεδίων των αρχείων της ομάδας.

Επί το πλείστον η οργάνωση γίνεται είτε σύμφωνα με την εμπειρία του οδηγού, είτε σύμφωνα με τον τύπο του οχήματος. Αν δεχθούμε ότι ο όγκος των μετρήσεων σχηματίζει αναπαραστάται με κύβο στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε τις παραμέτρους των μετρήσεων σαν τις συνιστώσες του στο χώρο.



Εικόνα 3.h.v.1 Σχηματικά η οργάνωση των μετρήσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Παρατηρήσεις και Συμπεράσματα

↓ 4.a Σύγκριση συμπεριφοράς έμπειρων και άπειρων οδηγών

4.a.i) Καθ' όλη τη διαδρομή (ανεξαρτήτως οχήματος)

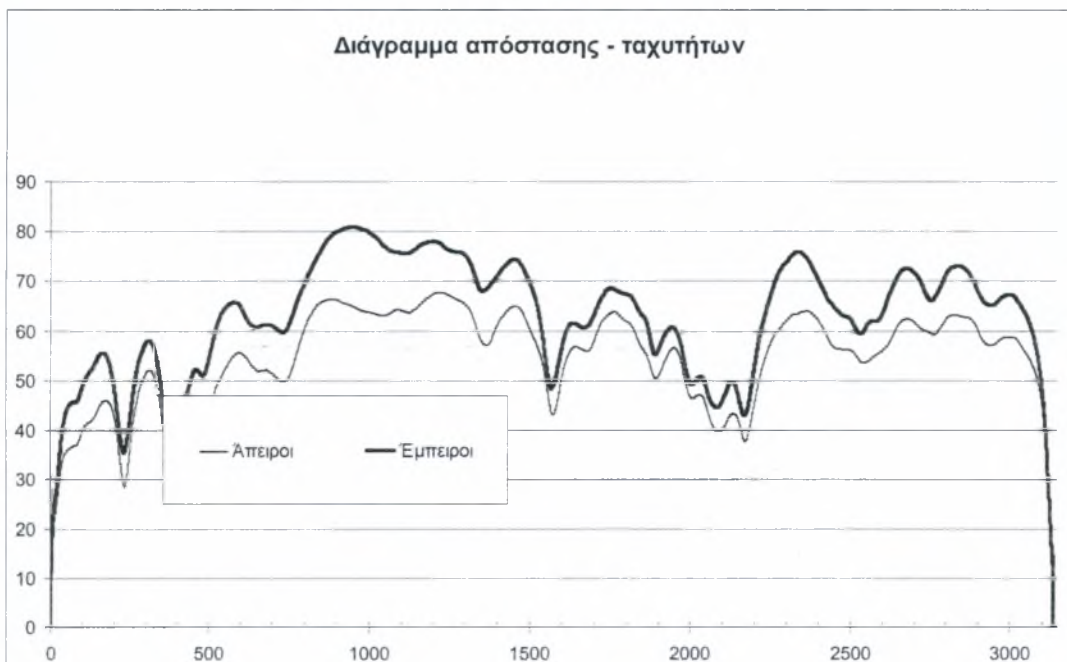
Έχοντας τα δεδομένα οργανωμένα ανά διαδρομή, διέλευση, οδηγό, όχημα μπορούμε να πάμε στα γραφήματα και να δούμε πως μεταβάλλεται η ταχύτητα, η επιτάχυνση κατά το διαμήκη και εγκάρσιο άξονα του οχήματος καθώς και ο ρυθμός διαμήκεις επιτάχυνσης στη διάρκεια τις διαδρομής.

Ξεκινάμε με το γράφημα που μας δίνει την ταχύτητα. Θυμίζουμε ότι είναι ο μέσος όρος των ταχυτήτων των 3 άπειρων οδηγών για τις δύο διελεύσεις και τα 4 αυτοκίνητα απέναντι στο μέσο όρο των 3 έμπειρων οδηγών για τις αντίστοιχες διελεύσεις και αυτοκίνητα. Όλα αυτά αφορούν την διεύθυνση A->B και κατόπιν έχουμε τη διεύθυνση B->A. Το γράφημα αφορά την ταχύτητα ενώ με το ίδιο σκεπτικό θα κάνουμε και τα άλλα διαγράμματα (παράδειγμα των επιταχύνσεων). Θυμίζουμε ξανά ότι τα μεγέθη είναι πρόκειται για μέσες τιμές των μεγεθών κάθε ομάδας.

Τα διαγράμματα των επιταχυνσιομέτρων για τις πλευρικές επιταχύνσεις έχουν υποστεί επεξεργασία γιατί λόγω τις φύσεως της μέτρησης υπήρχε πολύς θόρυβος στην μέτρηση. Παρόλα αυτά το διάγραμμα έχει αρκετό θόρυβο (jagged) γιατί περαιτέρω εξομάλυνση θα δημιουργούσε πρόβλημα στις τιμές των διαγραμμάτων.



Γράφημα 4.α.ι.1: Διάγραμμα ταχυτήτων για την διεύθυνση A->B



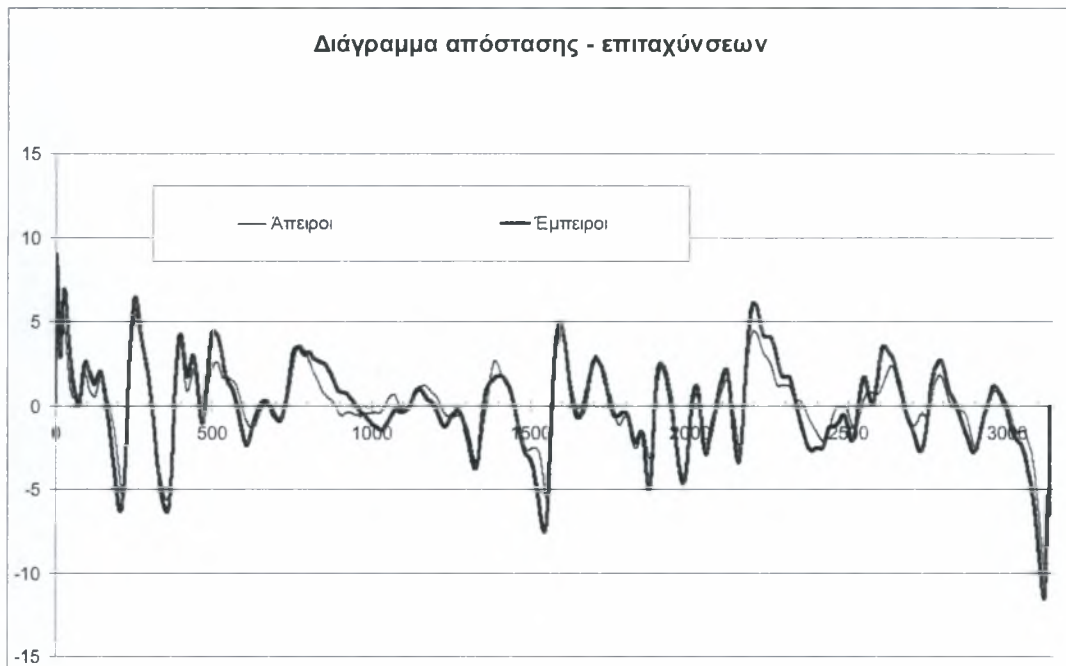
Γράφημα 4.α.ι.2: Διάγραμμα ταχυτήτων για την διεύθυνση B->A

Στο γράφημα 4.α.ι.1 και 4.α.ι.2 παρατηρούμε τα εξής:

- ❖ Στα «ανοικτά» κομμάτια (0-800m) και (1700-2200m) οι έμπειροι οδηγοί είναι γρηγορότεροι από τους άπειρους περίπου κατά 20%
- ❖ Στα κλειστά κομμάτια οι έμπειροι παραμένουν γρηγορότεροι αλλά μόνο κατά 10%
- ❖ Έμπειροι και άπειροι επιταχύνουν και επιβραδύνουν περίπου στα ίδια σημεία.



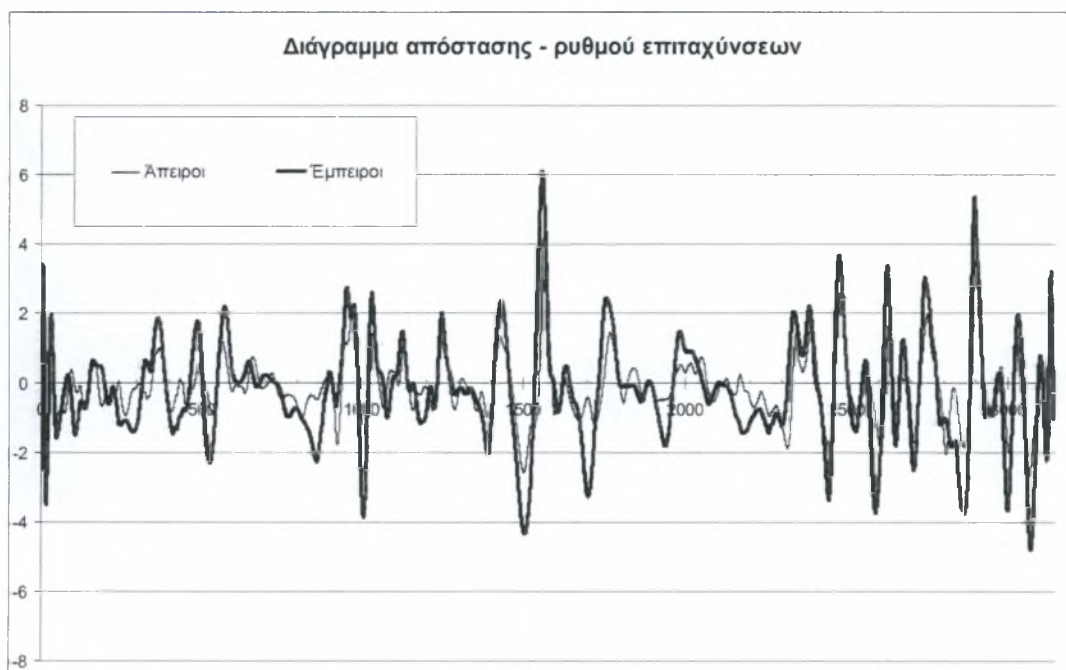
Γράφημα 4.α.ι.3: Διάγραμμα επιταχύνσεων για διεύθυνση Α->Β



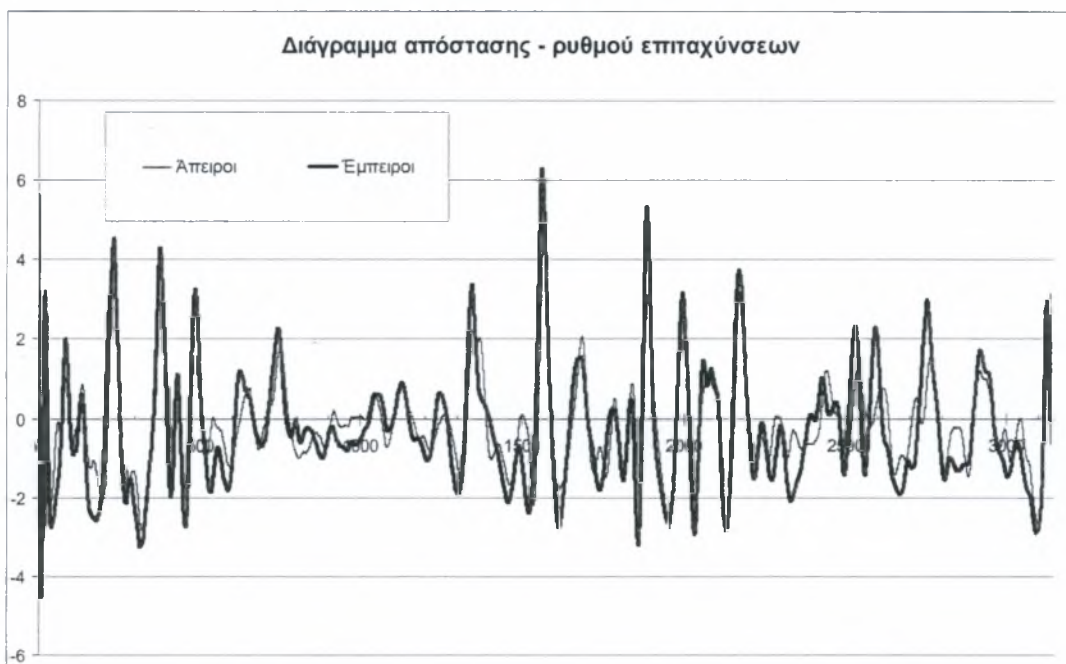
Γράφημα 4.α.ι.4: Διάγραμμα επιταχύνσεων για διεύθυνση Β->Α

Στο γράφημα 4.α.ι.3 και 4.α.ι.4 παρατηρούμε τα εξής:

- ❖ Τα μέγιστες-ελάχιστες επιταχύνσεις συμβαίνουν στο ίδιο σημείο και για τους έμπειρους και για τους άπειρους
- ❖ Οι έμπειροι στα σημεία μέγιστα-ελάχιστης επιτάχυνσης έχουν χονδρικά μεγαλύτερες 33% τιμές επιτάχυνσης
- ❖ Το γράφημα των έμπειρων αποτελείται από πιο ομαλές γραμμές σε σχέση με το γράφημα των άπειρων, έχει λιγότερες διακυμάνσεις και είναι πιο σαφές το αν επιταχύνουν οι επιβραδύνουν. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση τους.



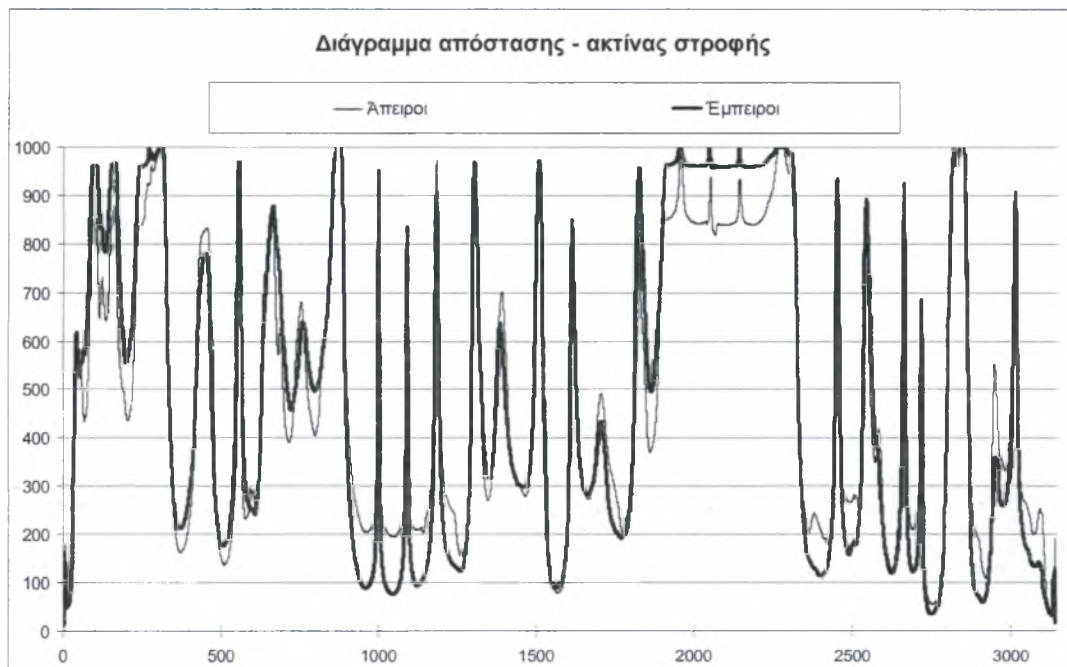
Γράφημα 4.α.ι.5: Διάγραμμα ρυθμού επιταχύνσεων για διεύθυνση Α->Β



Γράφημα 4.α.ι.6: Διάγραμμα ρυθμού επιταχύνσεων για διεύθυνση Β->Α

Στο γράφημα 4.a.i.5 και 4.a.i.6 παρατηρούμε τα εξής:

- ❖ Τα μέγιστες-ελάχιστες επιταχύνσεις συμβαίνουν σχεδόν στο ίδιο σημείο και για τους έμπειρους και για τους άπειρους χωρίς όμως το βαθμό συσχέτισης των προηγούμενων γραφημάτων
- ❖ Οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές του ρυθμού μεταβολής της επιτάχυνσης είναι περίπου οι ίδιες και για έμπειρους και για άπειρους
- ❖ Το γράφημα των έμπειρων αποτελείται επίσης από πιο ομαλές γραμμές σε σχέση με το γράφημα των άπειρων, έχει λιγότερες διακυμάνσεις και είναι πιο σαφές δείχνοντας την μεγαλύτερη εμπιστοσύνη που δείχνουν στις ικανότητές τους.



Γράφημα 4.a.i.7: Διάγραμμα ακτίνων στροφής για διεύθυνση A->B



Γράφημα 4.a.i.8: Διάγραμμα ακτίνων στροφής για διεύθυνση B->A

Στο γράφημα 4.a.i.7 και 4.a.i.8 παρατηρούμε τα εξής:

- ❖ Μιας και τα οχήματα ακολουθούν την ίδια διαδρομή, μεγαλύτερες τιμές ακτίνας στροφής σημαίνουν ότι ο οδηγός παρεκκλίνει της λωρίδας του και ανοίγει τον κύκλο στροφής του. Δεδομένου αυτού βλέπουμε ότι κατά την διεύθυνση A->B οι άπειροι ανοίγουν την ακτίνα της στροφής στα κλειστά σημεία σε σχέση με τους έμπειρους ενώ το αντίθετο συμβαίνει στα ανοικτά κομμάτια. Στην διεύθυνση B->A παρατηρούμε τους έμπειρους οδηγούς να παίρνουν ανοιχτότερα τις στροφές και είναι κάτι που χρειάζεται προσεκτικότερη μελέτη για να διαπιστώσουμε γιατί συμβαίνει, αν και το πιθανότερο είναι να συσχετίζεται με την ορατότητα.



Γράφημα 4.a.i.9: Διάγραμμα πλευρικών επιταχύνσεων για διεύθυνση A->B



Γράφημα 4.a.i.10: Διάγραμμα πλευρικών επιταχύνσεων για διεύθυνση B->A

Στο γράφημα 4.a.i.9 και 4.a.i.10 παρατηρούμε τα εξής:

- ❖ Τα μέγιστες-ελάχιστες επιταχύνσεις συμβαίνουν στο ίδιο σημείο και για τους έμπειρους και για τους άπειρους
- ❖ Οι έμπειροι στα σημεία μέγιστα-ελάχιστης επιτάχυνσης έχουν χονδρικά μεγαλύτερες 20% τιμές επιτάχυνσης

4.b Σύγκριση συμπεριφοράς ανάλογα με το όχημα οδηγών

4.b.i) Καθ όλη τη διαδρομή

Στο σημείο αυτό θα δούμε το πώς μεταβάλλεται η συμπεριφορά του οδηγού όταν αλλάξει το χρησιμοποιούμενο όχημα. Στην αρχή θα δούμε:

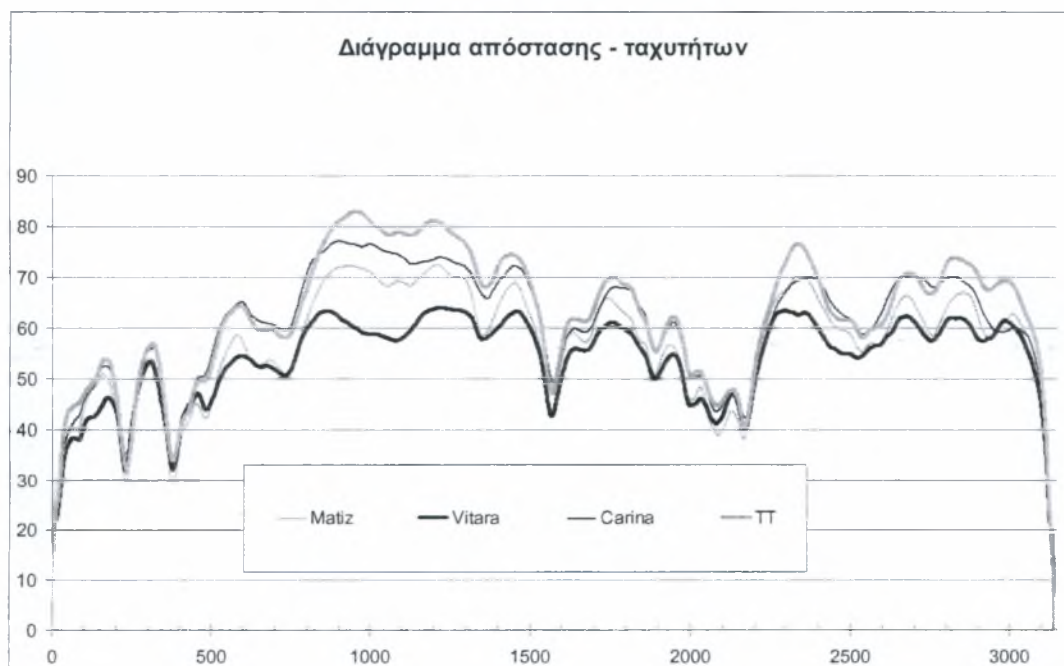
- ❖ Τη μέση συμπεριφορά όλων των οδηγών ανάλογα με το όχημα
- ❖ Το πώς διαφοροποιούνται οι συμπεριφορές των άπειρων οδηγών σε σχέση με το όχημα σε σχέση με τις μεταβολές στη συμπεριφορά των έμπειρων οδηγών καθώς αλλάζει και σε αυτούς η παράμετρος όχημα

Θυμίζουμε ξανά επιγραμματικά τις κατηγορίες των οχημάτων:

- ❖ Daewoo Matiz: Μίνι όχημα πόλης, 900cc, 55 ίπποι.
- ❖ Suzuti Vitara: Εκτός δρόμου όχημα, 1600cc, 90 ίπποι.
- ❖ Toyota Carina: Οικογενειακό αυτοκίνητο, 1600cc, 115 ίπποι.
- ❖ Audi TT: Σπορ αυτοκίνητο, υπερτροφοδοτούμενο 1800cc, 180 ίπποι.



Γράφημα 4.b.i.1: Διάγραμμα ταχυτήτων για την διεύθυνση A->B



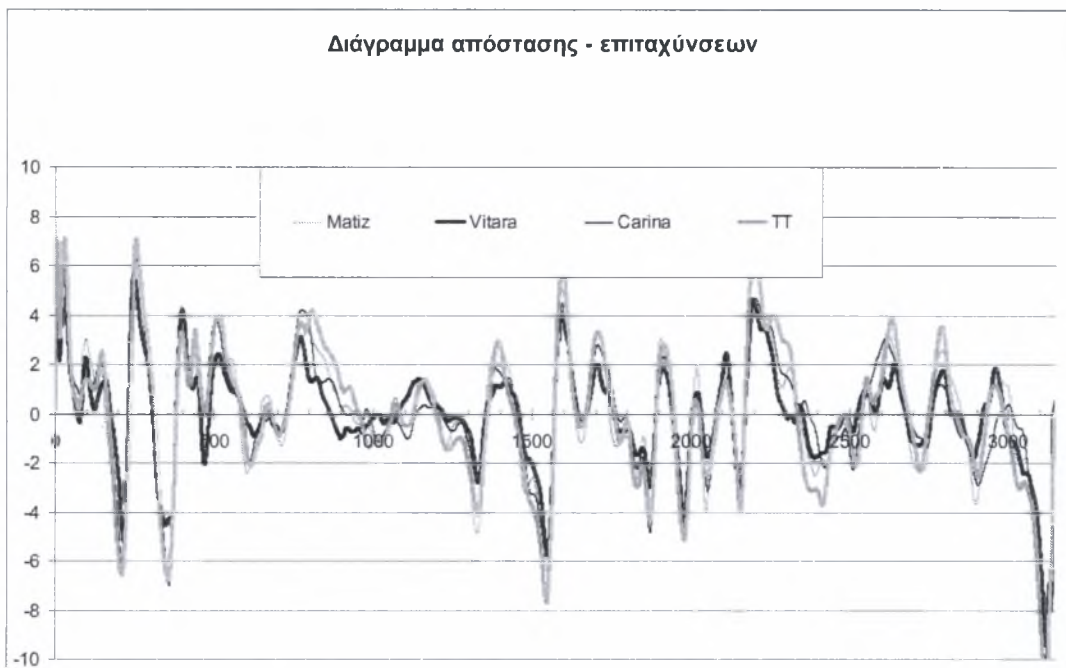
Γράφημα 4.b.i.2: Διάγραμμα ταχυτήτων για την διεύθυνση B->A

Στο γράφημα 4.b.i.1 και 4.b.i.2 παρατηρούμε τα εξής:

- ❖ Στα ανοικτά κομμάτια παρατηρούμε ότι οι οδηγοί κινούνται με το 90% της ταχύτητας του γρηγορότερου αυτοκινήτου (TT) όταν οδηγούν το Carina, με το 80% όταν οδηγούν το Matiz και με 75% όταν οδηγούν το Vitara.
- ❖ Το διάγραμμα ταχύτητας του Carina και του TT μοιάζει με το διάγραμμα του Matiz υπό κλίμακα και αυτό γιατί καθώς ανεβαίνει η ιπποδύναμη σε κάθε αυτοκίνητο σε σχέση με το Matiz αντίστοιχα ανεβαίνει το αίσθημα ασφάλειας λόγω του χαμηλότερου κέντρου βάρους, της σφιχτότερης ανάρτησης και τον αντίστοιχα καλύτερων φρένων.
- ❖ Το διάγραμμα του Matiz και το διάγραμμα του Vitara τέμνονται σε πολλά σημεία καθώς η οδήγηση του Matiz περιορίζεται από την χαμηλότερη ιπποδύναμη ενώ η οδήγηση του Vitara περιορίζεται από το υψηλό κέντρο βάρους με αποτέλεσμα διαφορετικά στυλ οδήγησης.



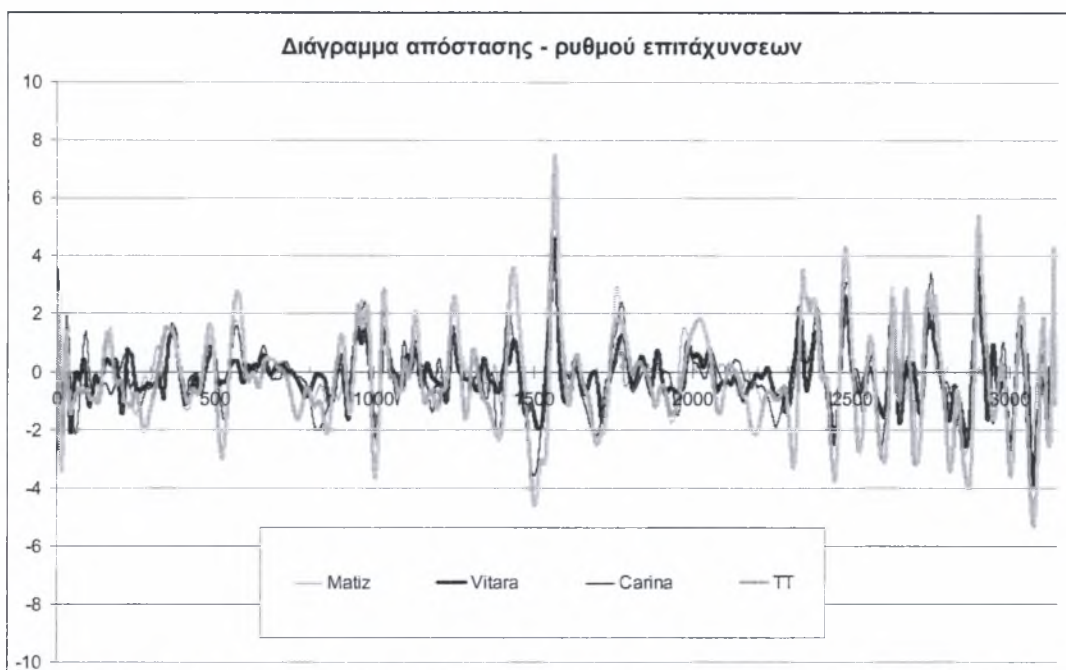
Γράφημα 4.b.i.3: Διάγραμμα επιταχύνσεων για την διεύθυνση A->B



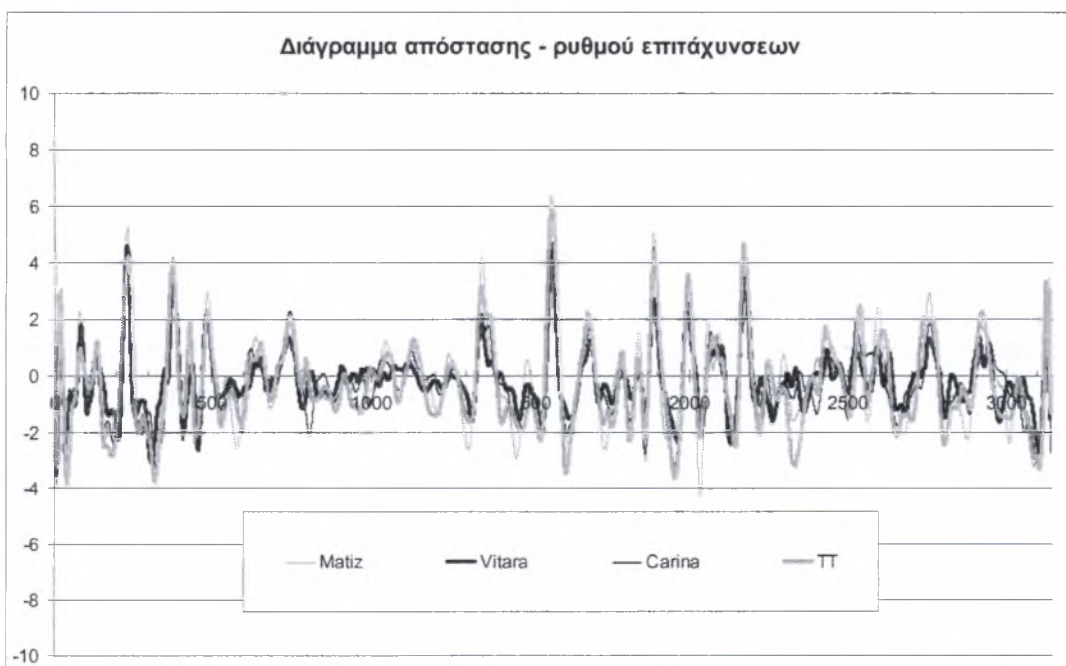
Γράφημα 4.b.i.4: Διάγραμμα επιταχύνσεων για την διεύθυνση B->A

Στο γράφημα 4.b.i.3 και 4.b.i.4 παρατηρούμε τα εξής:

- ❖ Ανεξαρτήτως αυτοκινήτου οι οδηγοί επιταχύνουν και επιβραδύνουν στ ίδια περίπου σημεία με μεγαλύτερες τιμές επιτάχυνσης επιβράδυνσης για TT και Carina με το φαινόμενο του υπό κλίμακα γραφήματος που περιγράψαμε παραπάνω και την διαφορά στις ταχύτητες.



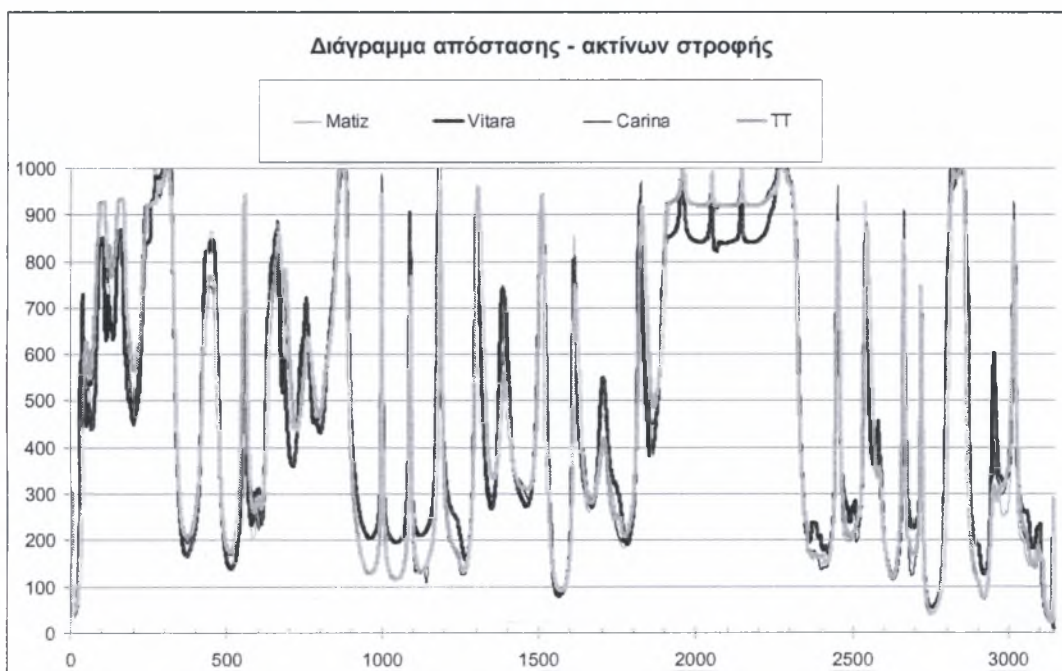
Γράφημα 4.b.i.5: Διάγραμμα ρυθμού επιταχύνσεων για την διεύθυνση A->B



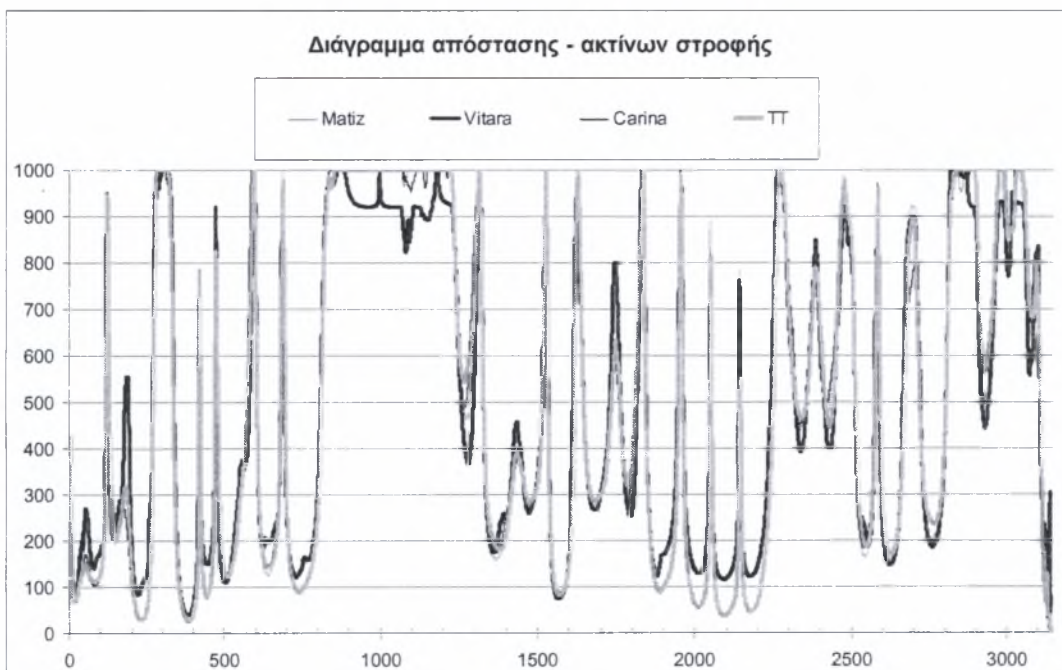
Γράφημα 4.b.i.6: Διάγραμμα ρυθμού επιταχύνσεων για την διεύθυνση B->A

Στο γράφημα 4.b.i.5 και 4.b.i.6 παρατηρούμε τα εξής:

- ❖ Οι μεγαλύτερες κατ' απόλυτον τιμή μεταβολές τις επιτάχυνσης ανά μονάδα χρόνου είναι εμφανείς στο TT και οφείλονται, στις μεγαλύτερες δυνατότητες του αυτοκινήτου, στο ότι οι οδηγοί έχοντας στα χέρια τους ένα πολύ δυνατό αυτοκίνητο οδηγούν πιο επιθετικά όσο και στην αυξημένη αίσθηση ασφάλειας που παρέχει το χαμηλότερο κέντρο βάρους και η ανάρτηση.
- ❖ Οι ομαλότερες γραμμές στο TT δείχνουν την μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση κατά την οδήγηση ενώ το πιο ακανόνιστο διάγραμμα του Vitara το ακριβώς αντίθετο λόγο του υψηλού κέντρου βάρους.



Γράφημα 4.b.i.7: Διάγραμμα ακτίνων στροφής για την διεύθυνση A->B



Γράφημα 4.b.i.8: Διάγραμμα ακτίνων στροφής για την διεύθυνση B->A

Στο γράφημα 4.b.i.7 και 4.b.i.8 παρατηρούμε τα εξής:

- ❖ Όλα τα οχήματα εκτός του Vitara ακολουθούν περίπου τις ίδιες τροχιές.
- ❖ Όταν οι οδηγοί οδηγούν το Vitara λόγω του υψηλού κέντρου βάρους του αλλάζει η ακτίνα στροφής του. Στις μεν κλειστές στροφές ο οδηγός ανοίγει περισσότερο την τροχιά του ενώ στις ευθείες η τροχιά είναι κλειστότερη
- ❖ Το παραπάνω φαινόμενο που παρατηρούμε στο Vitara σε σχέση με τα υπόλοιπα αυτοκίνητα θυμίζει το φαινόμενο που παρατηρήσαμε στο αντίστοιχο γράφημα των έμπειρων οδηγών έναντι των άπειρων.
- ❖ Μια λογική εξήγηση για το φαινόμενο είναι η εξής: Οι έμπειροι οδηγοί έχοντας αυτοπεποίθηση παραβαίνουν την διαγράμμιση και ανοίγουν τον κύκλο στροφής στις κλειστές στροφές, ενώ ταυτόχρονα δεν διστάζουν να στρίψουν εντονότερα και στις ευθείες (όπου οι ταχύτητες είναι μεγαλύτερες) για να διορθώσουν την τροχιά τους.



Γράφημα 4.b.i.9: Διάγραμμα πλευρικών επιταχύνσεων στην διεύθυνση A->B



Γράφημα 4.b.i.10: Διάγραμμα πλευρικών επιταχύνσεων στην διεύθυνση B->A

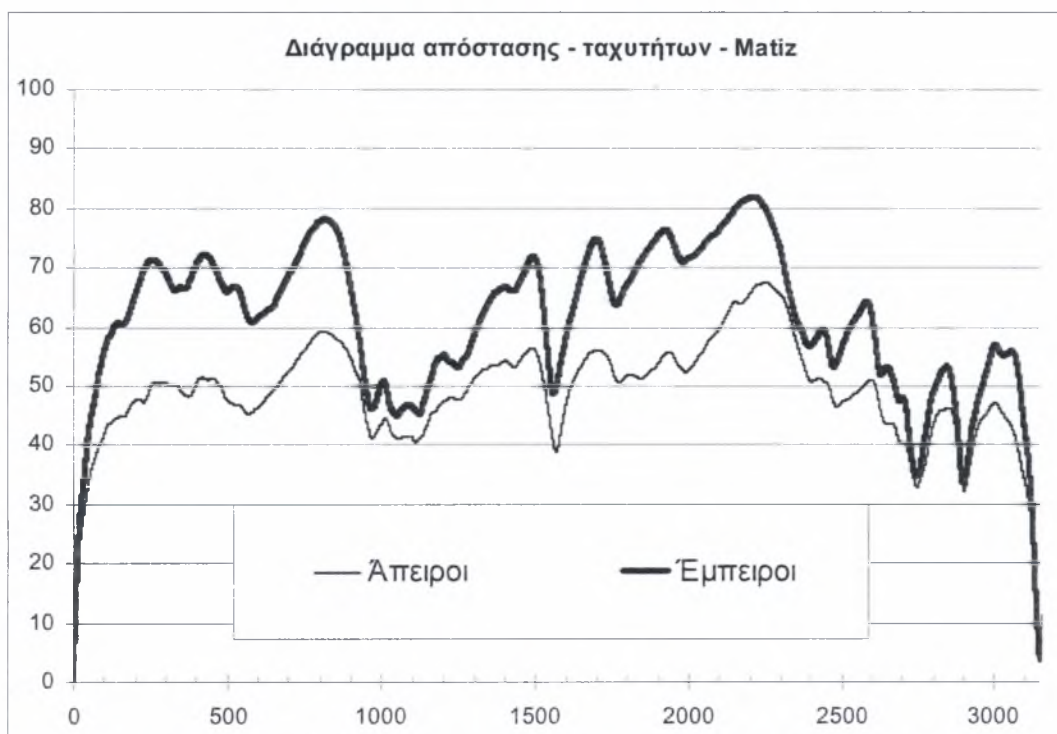
Στο γράφημα 4.b.i.9 και 4.b.i.10 παρατηρούμε τα εξής:

- ❖ Οι εγκάρσιες επιταχύνσεις του ΤΤ είναι και πάλι μεγαλύτερες λόγο των λόγων που προαναφέραμε, ακολουθούν στο ίδιο μοτίβο με μικρότερες τιμές το Carina, Matiz και Vitara.
- ❖ Επειδή το υψηλό κέντρο βάρους του Vitara είναι ο περιοριστικός παράγοντας (δεν υπάρχει ο περιορισμός του κινητήρα) δεν παρατηρείται το φαινόμενο «επικάλυψης» των διαγραμμάτων 4.b.i.1 και 4.b.i.2 αλλά καθ' όλο το μήκος της διαδρομής έχουμε τις μικρότερες πλευρικές επιταχύνσεις.

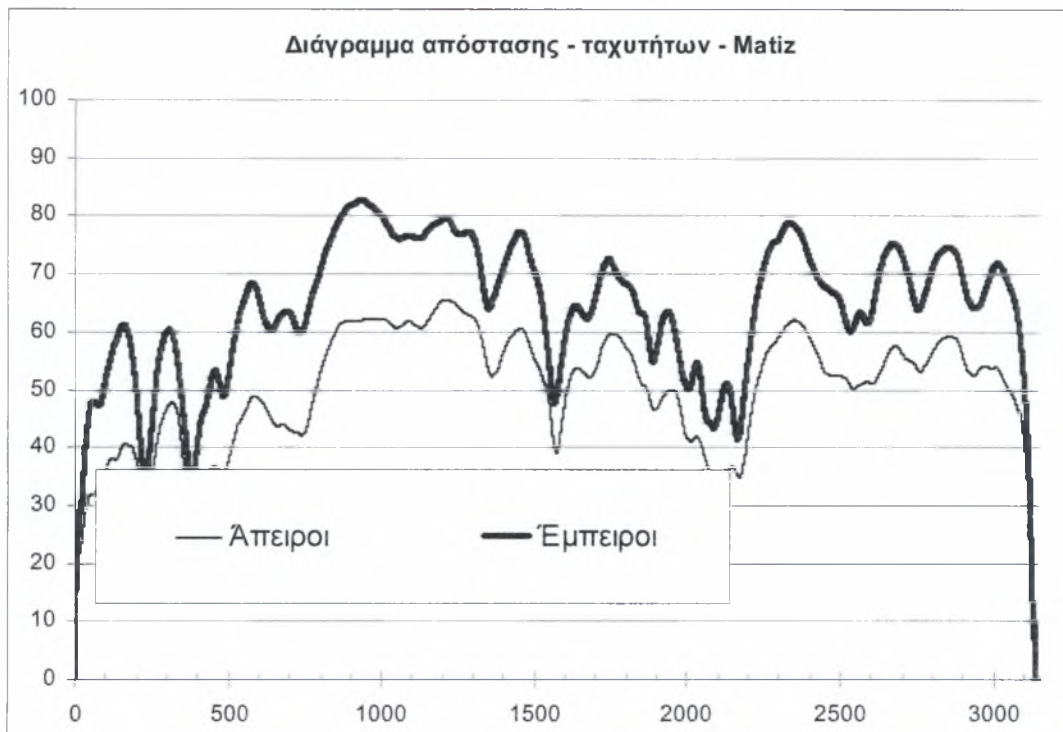
4.b.ii) Καθ όλη τη διαδρομή (ανάλογα με την εμπειρία)

Θα παραθέσουμε τις μέσες ταχύτητες έμπειρων και άπειρων για κάθε αυτοκίνητο ξεχωριστά και θα δούμε τι συμπεράσματα μπορούμε να βγάλουμε για το πώς μεταβάλλεται η οδήγηση ανάλογα με το όχημα στους έμπειρους και πως στους άπειρους.

Έπειτα θα δούμε και δύο διαγράμματα ένα για τους έμπειρους και ένα για τους άπειρους στα οποία βλέπουμε τις διαφορές στην οδήγηση βάση εμπειρίας.



Γράφημα 4.b.ii.1: Διάγραμμα ταχυτήτων στην διεύθυνση Α->Β



Γράφημα 4.b.ii.2: Διάγραμμα ταχυτήτων στην διεύθυνση B->A



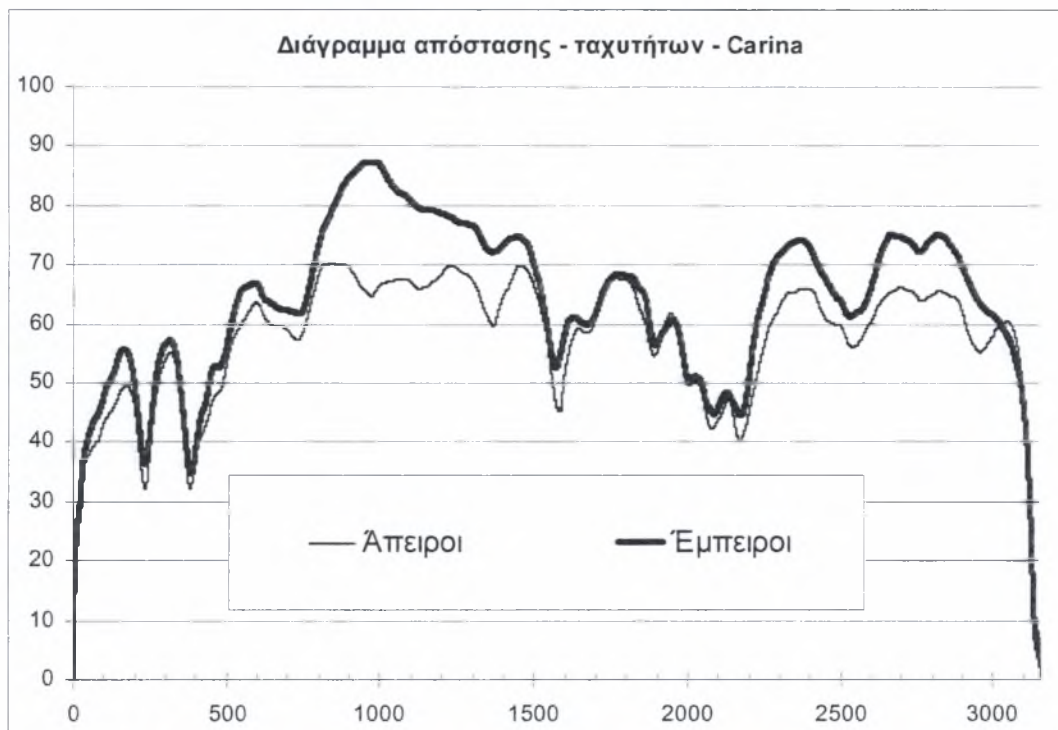
Γράφημα 4.b.ii.3: Διάγραμμα ταχυτήτων στην διεύθυνση A->B



Γράφημα 4.b.ii.4: Διάγραμμα ταχυτήτων στην διεύθυνση B->A



Γράφημα 4.b.ii.5: Διάγραμμα ταχυτήτων στην διεύθυνση A->B



Γράφημα 4.b.ii.6: Διάγραμμα ταχυτήτων στην διεύθυνση B->A



Γράφημα 4.b.ii.7: Διάγραμμα ταχυτήτων στην διεύθυνση A->B



Γράφημα 4.b.ii.8: Διάγραμμα ταχυτήτων στην διεύθυνση B->A

Στο γράφημα 4.b.ii.1 μέχρι το 4.b.ii.8 παρατηρούμε τα εξής:

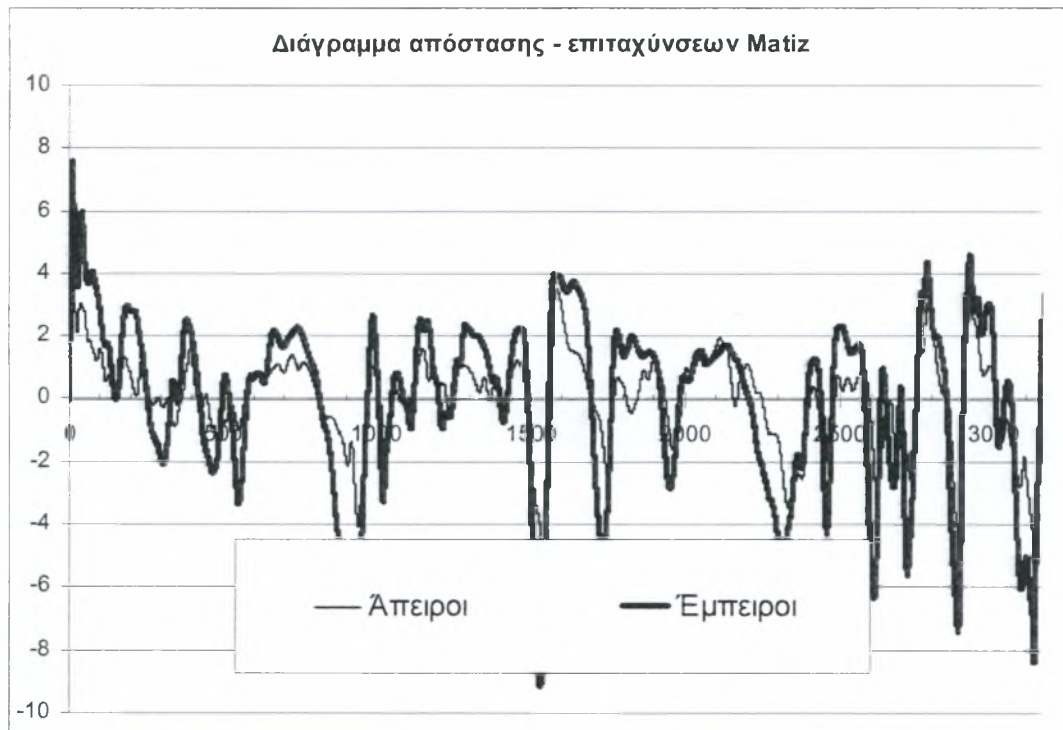
Οι διαφορές της ταχύτητας στα ανοικτά κομμάτια είναι για το Matiz περίπου 15km/h για τους έμπειρους, διαφορά που πέφτει σε λιγότερο από 10km/h για το Carina και το Vitara και εκτοξεύεται στα 20km/h στο ΤΤ.

Οι διαφορές στην ταχύτητα στα ανοικτά κομμάτια μοιάζουν να ανεβαίνουν όσο μεγαλώνει η ιπποδύναμη. Παρατηρούμε όμως την μεγάλη διαφορά της ταχύτητας στο αυτοκίνητο με τη μικρότερη ιπποδύναμη (Matiz) που μοιάζει παράδοξο. Επίσης μπορεί να παρατηρηθεί το γεγονός του ότι στις κλειστές στροφές η μεγαλύτερη διαφορά ταχύτητας μεταξύ έμπειρων και άπειρων εντοπίζεται στο αυτοκίνητο αυτό. Έτσι φτάνουμε στο συμπέρασμα ότι οι πιο έμπειροι οδηγοί νιώθοντας περιορισμένοι από την ιπποδύναμη του αυτοκινήτου στα ανοικτά κομμάτια προσπαθούν ιδιαίτερα να διέλθουν από τις στροφές με την μικρότερη δυνατή απώλεια ταχύτητας.

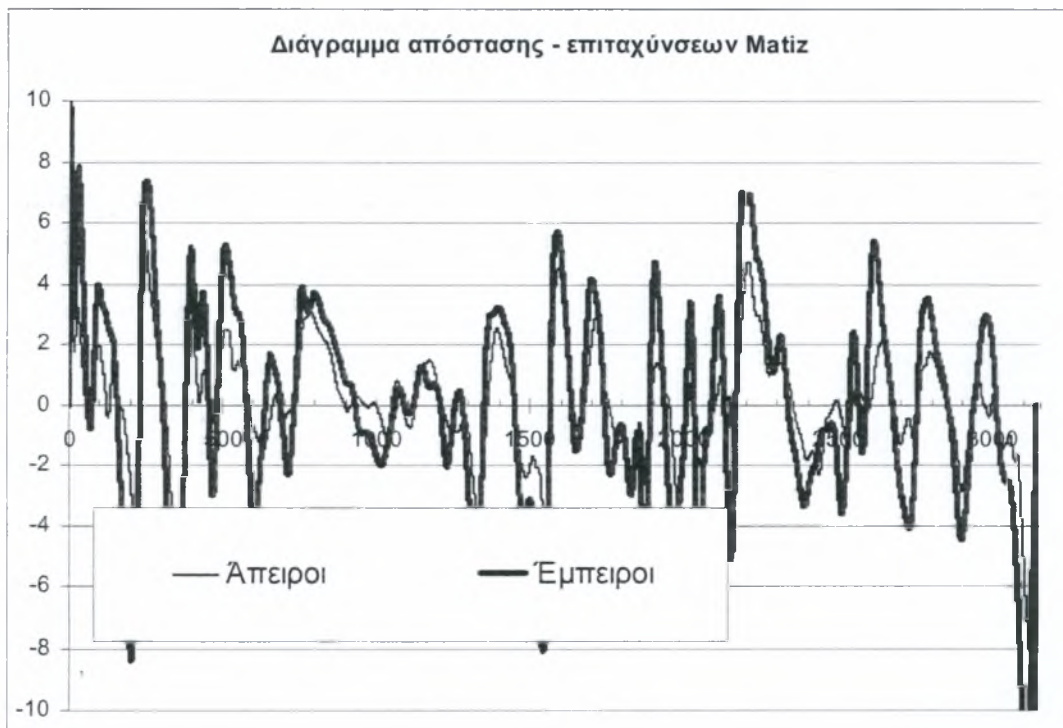
Το υψηλό κέντρο βάρους του Vitara μάλλον δημιουργεί αναλογικά μεγαλύτερη ανασφάλεια στους έμπειρους παρά στους άπειρους οπότε έχουμε τη μικρότερη διαφορά ταχυτήτων στην οδήγηση μεταξύ των δύο κατηγοριών οδών.

Στην περίπτωση του ΤΤ βλέπουμε τους πάντες να κινούνται αρκετά γρηγορότερα με τους έμπειρους να προσπαθούν να ξεδιπλώσουν τις δυνατότητες του κινητήρα όπου βρίσκουν ευθεία με αποτέλεσμα τις μέσες διαφορές των 20km/h που στιγμιαία φτάνουν τα 25km/h νούμερο εντυπωσιακό αν σκεφτεί κάποιος ότι μιλάμε για μέση συμπεριφορά 3 οδών σε δύο διελεύσεις.

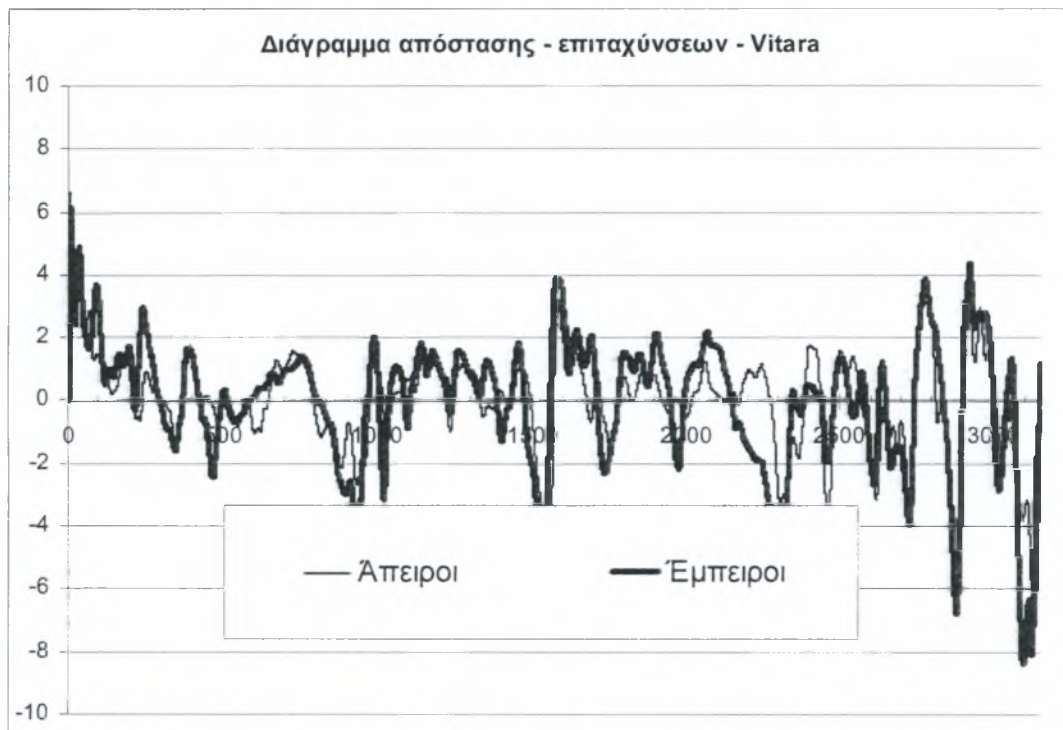
Αντίστοιχα έχουμε και τα διαγράμματα των επιταχύνσεων



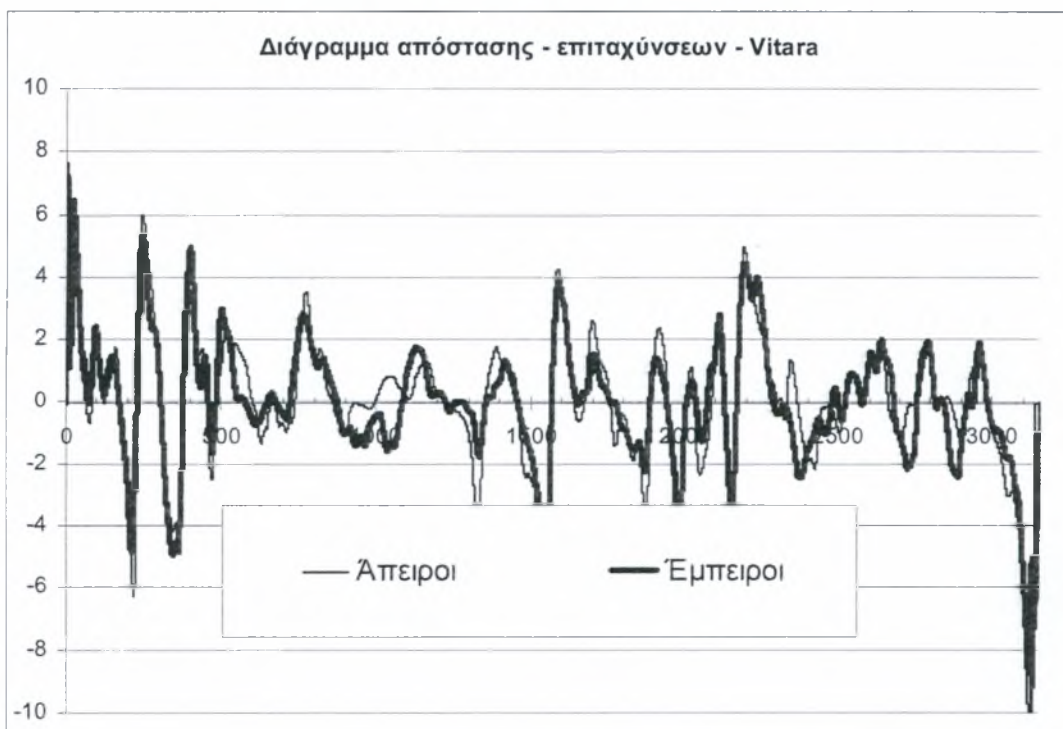
Γράφημα 4.b.ii.9: Διάγραμμα επιταχύνσεων στην διεύθυνση A->B



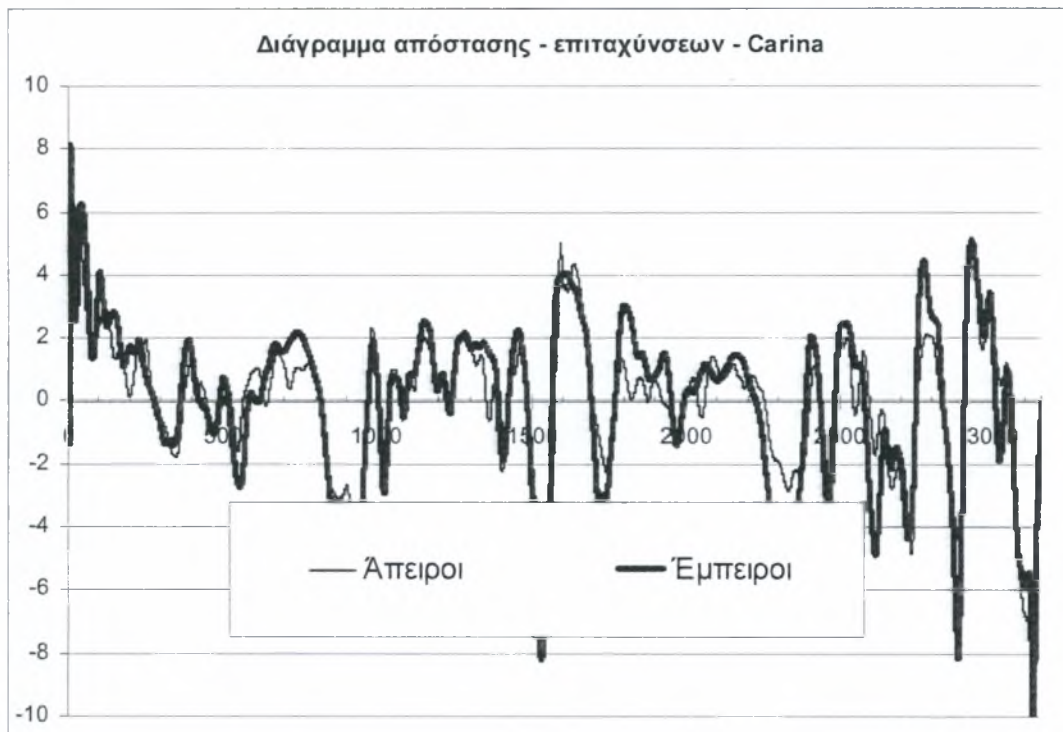
Γράφημα 4.b.ii.10: Διάγραμμα επιταχύνσεων στην διεύθυνση B->A



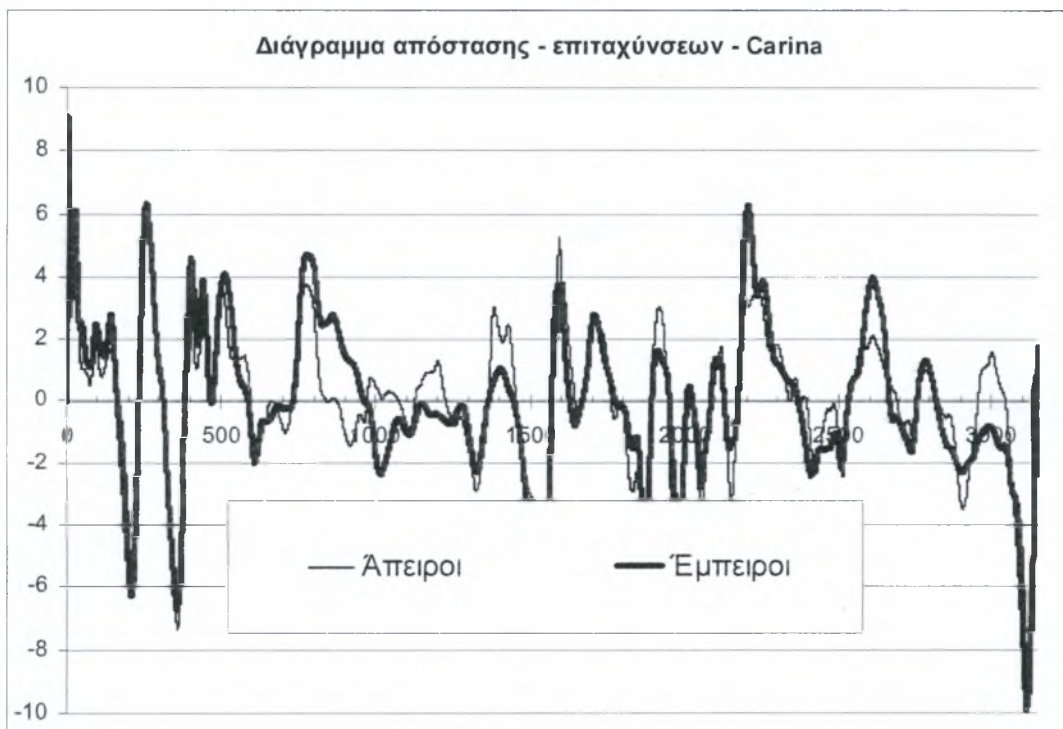
Γράφημα 4.b.ii.11: Διάγραμμα επιταχύνσεων στην διεύθυνση A->B



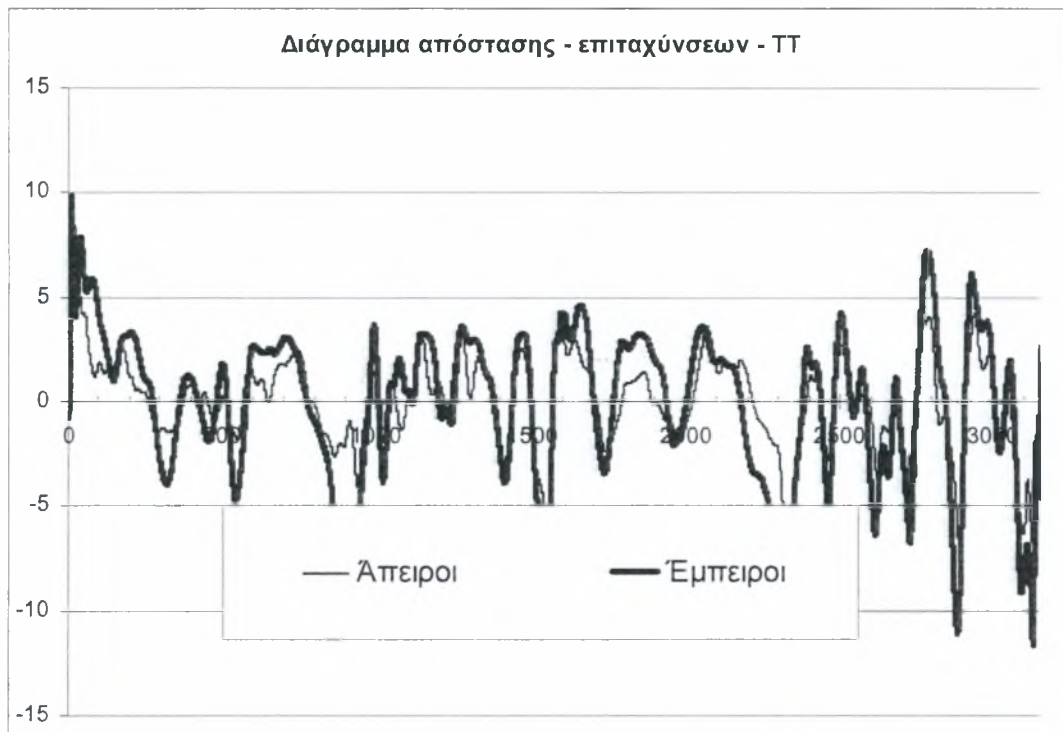
Γράφημα 4.b.ii.12: Διάγραμμα επιταχύνσεων στην διεύθυνση B->A



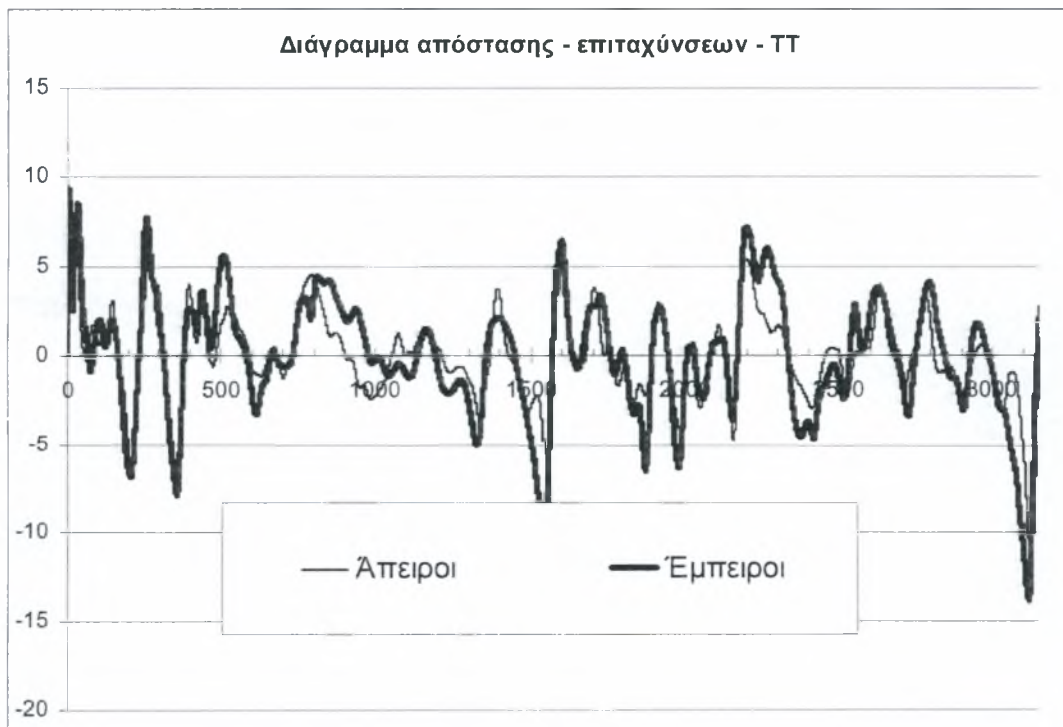
Γράφημα 4.b.ii.13: Διάγραμμα επιταχύνσεων στην διεύθυνση A->B



Γράφημα 4.b.ii.14: Διάγραμμα επιταχύνσεων στην διεύθυνση B->A



Γράφημα 4.b.ii.15: Διάγραμμα επιταχύνσεων στην διεύθυνση Α->Β

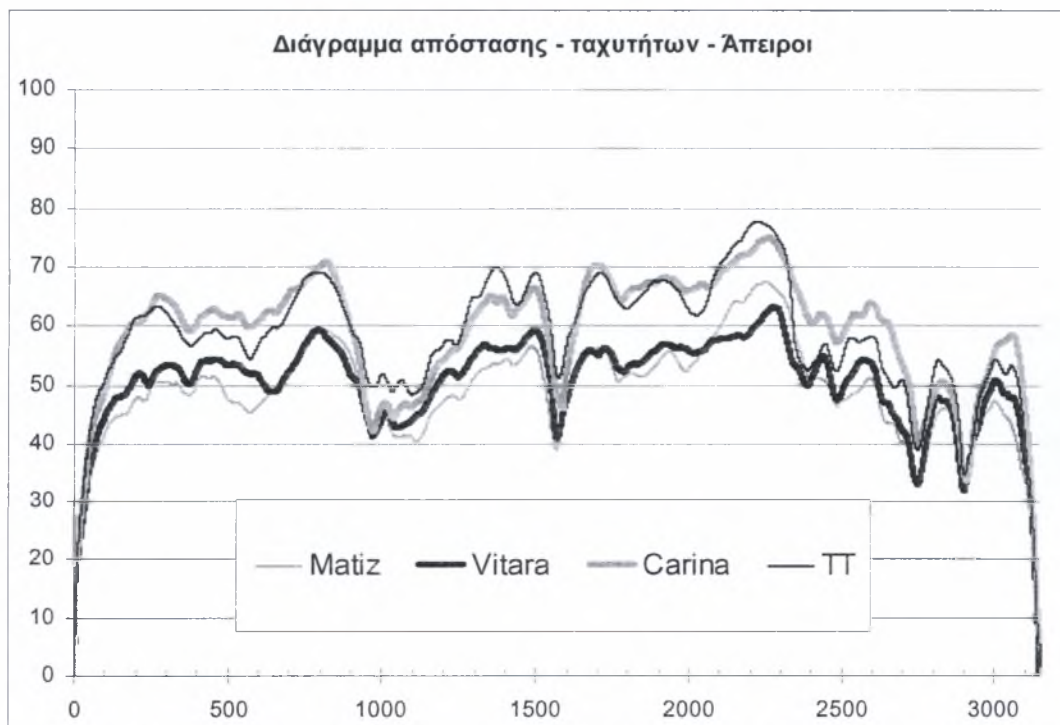


Γράφημα 4.b.ii.16: Διάγραμμα επιταχύνσεων στην διεύθυνση Β->Α

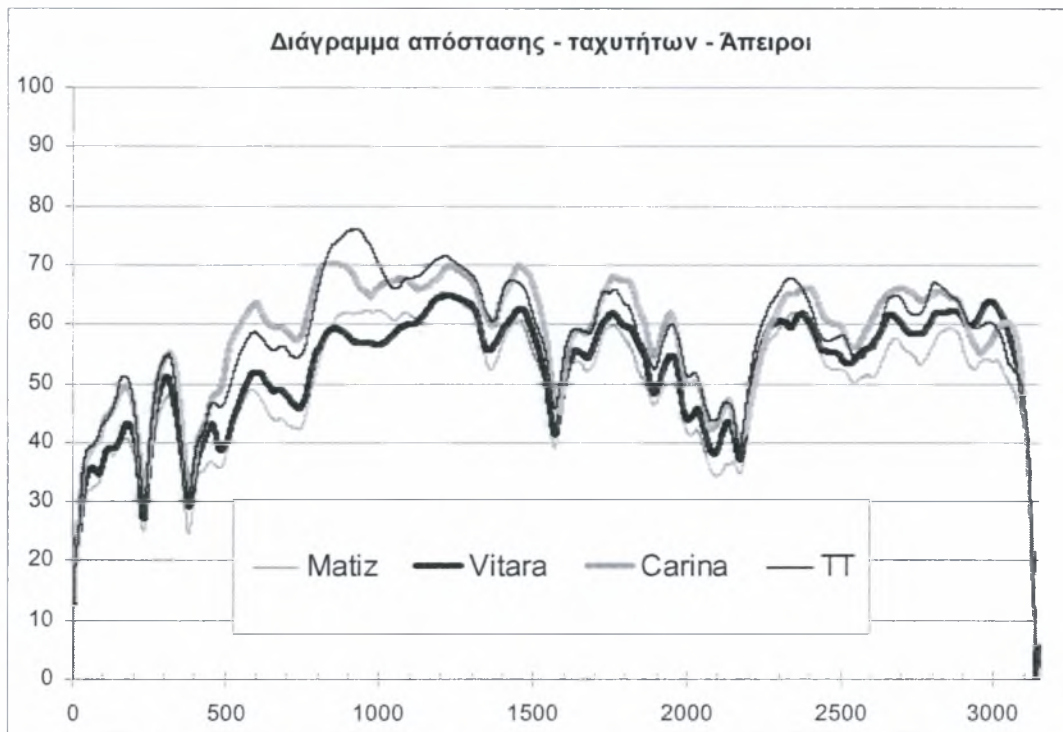
Στο γράφημα 4.b.ii.9 μέχρι το 4.b.ii.16 παρατηρούμε τα εξής:

- ❖ Τα γραφήματα των επιταχύνσεων έρχονται να επιβεβαιώσουν τα ευρήματα από τα γραφήματα των ταχυτήτων. Επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις στο Matiz έχουν μεγαλύτερες τιμές λόγω της συμπεριφοράς των έμπειρων οδηγών ώστε να διατηρήσουν την ταχύτητά τους
- ❖ Επίσης οι διαφορές στο TT είναι εξίσου μεγάλες καθώς οι οδηγοί προσπαθούν να εκμεταλλευτούν τις δυνατότητες του αυτοκινήτου.
- ❖ Τα γραφήματα στο Carina και στο TT είναι πολύ ομαλότερα για τους έμπειρους σε σχέση με τους άπειρους πράγμα που δείχνει της ποιο αποφασιστική οδήγηση τους σε σχέση με τους άπειρους που έχουν και στα δύο αυτοκίνητα μεγάλη ιπποδύναμη για τα χαρακτηριστικά του δρόμου.
- ❖ Η ανασφάλεια των έμπειρων στο Vitara είναι εμφανής καθώς έχουμε το μόνο γράφημα μέχρι στιγμής όπου οι άπειροι ξεπερνάν τους έμπειρους σε μεγέθη επιτάχυνσης ή ταχύτητας.

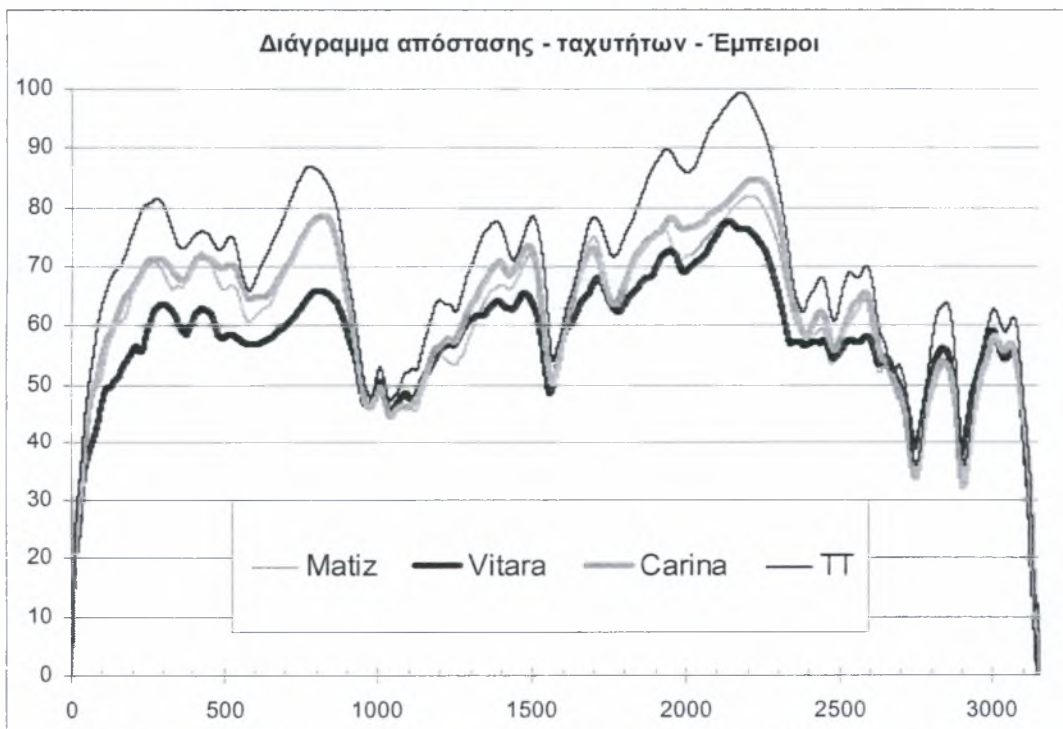
Στη συνέχεια θα δούμε συγκεντρωτικά γραφήματα με όλα τα αυτοκίνητα, δύο για τους έμπειρους και δύο για τους άπειρους:



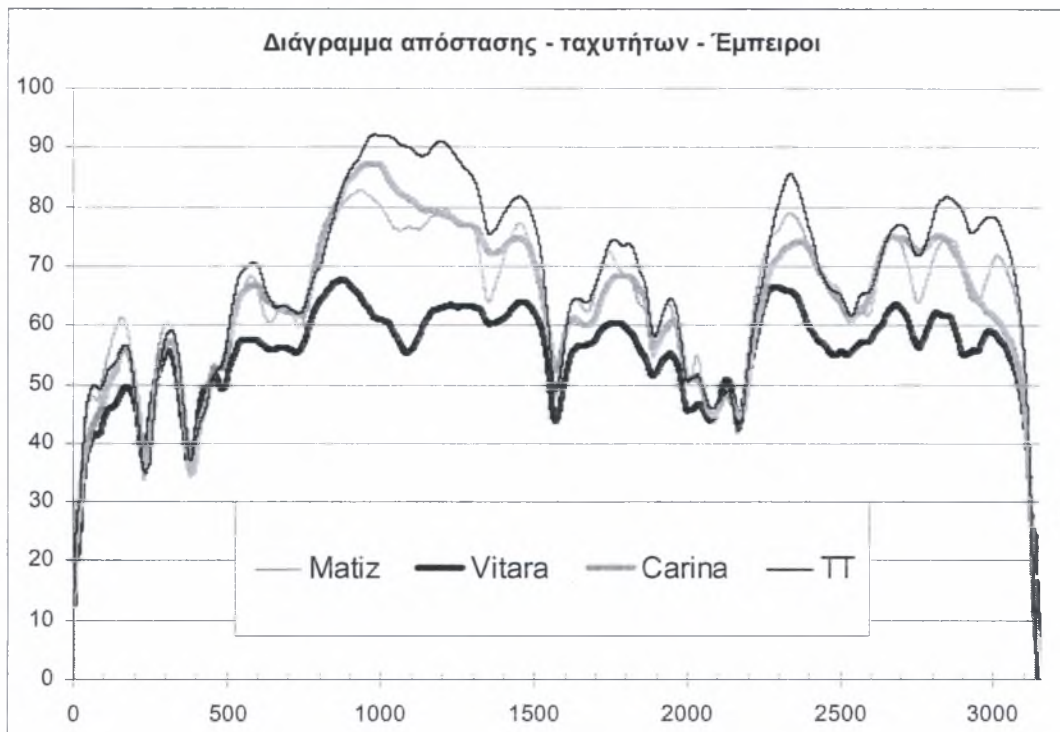
Γράφημα 4.b.ii.17: Διάγραμμα ταχυτήτων στην διεύθυνση Α->Β



Γράφημα 4.b.ii.18: Διάγραμμα ταχυτήτων στην διεύθυνση B->A



Γράφημα 4.b.ii.19: Διάγραμμα ταχυτήτων στην διεύθυνση A->B



Γράφημα 4.b.ii.20: Διάγραμμα ταχυτήτων στην διεύθυνση B->A

Στο γράφημα 4.b.ii.17 μέχρι το 4.b.ii.20 παρατηρούμε τα εξής:

- ❖ Οι στους μεν άπειρους έχουμε τα παρόμοια διαγράμματα ταχυτήτων του Matiz και του Vitara όπως και τα επίσης παρόμοια διαγράμματα του Carina και του TT. Τα διαγράμματα του Matiz και Vitara διαφέρουν περίπου 10km/h με τα διαγράμματα των Carina και TT που κινούνται γρηγορότερα.
- ❖ Στους δε έμπειρους έχουμε αντίστοιχη «κατηγοριοποίηση» των γραφημάτων του Matiz και Carina, με το TT να κινείται γρηγορότερα και το Vitara πολύ αργότερα για τους λόγους που προαναφέραμε.
- ❖ Από τα παραπάνω γραφήματα μπορούμε να υποθέσουμε πως στους άπειρους οδηγούς υπάρχει μια συντηρητικότητα στην οδήγηση ανεξαρτήτως οχήματος ενώ στους έμπειρους υπάρχει μεγάλη διακύμανση ανάλογα με τις δυνατότητες του οχήματος.

4.c Σύγκριση συμπεριφοράς πρώτης δεύτερης διέλευσης

4.c.i) Ανεξαρτήτως εμπειρίας οδηγού

Εδώ έχουμε τους μέσους όρους συμπεριφοράς 24 αρχείων (4 αυτοκίνητα, 6 οδηγοί) για κάθε μία από τις 2 διευθύνσεις του δρόμου (A->B και B->A) που δείχνουν πως οδήγησαν οι οδηγοί κατά την πρώτη διέλευση σε σύγκριση με τα αντίστοιχα 24 αρχεία τις δεύτερης διέλευσης.



Γράφημα 4.c.i.1: Διάγραμμα ταχυτήτων στην διεύθυνση A->B



Γράφημα 4.c.i.2: Διάγραμμα ταχυτήτων στην διεύθυνση B->A

Στο γράφημα 4.c.i.1 μέχρι το 4.c.i.2 παρατηρούμε τα εξής:

Η δεύτερη διέλευση είναι λίγο γρηγορότερη από την πρώτη όπως αναμενόταν.

Η φορά A έχει πολύ μεγαλύτερη διαφορά από την φορά B κατά την δεύτερη διέλευση σε σχέση με την πρώτη. Επειδή οι μετρήσεις γινόνταν για κάθε αυτοκίνητο σε ξεχωριστές μέρες μπορούμε να υποθέσουμε ότι η διαφορά ήταν στο να συνηθίσει ο οδηγός το αυτοκίνητο και όχι τόσο τη διαδρομή. Άλλωστε ο κάθε οδηγός έχει κάνει τη διαδρομή τουλάχιστον 16 φορές, 4 φορές με το κάθε αυτοκίνητο.

Η μεγαλύτερες διαφορές στις ταχύτητες εντοπίζονται στις ανοικτές στροφές τις αρχής (όπου δίνουν την αίσθηση ότι είναι πιο κλειστές απ' ότι πραγματικά είναι) και στην ευθεία από τα 1800 μέχρι τα 2300 μέτρα

Από τα γραφήματα της επιτάχυνσης, του ρυθμού αυτής και τα λοιπά γραφήματα δεν μπορούν να εξαχθούν ουσιαστικά συμπεράσματα και γι αυτό δεν παραθέτονται.

4.c.ii) Ανάλογα με την εμπειρία του οδηγούς

Εδώ έχουμε τους μέσους όρους συμπεριφοράς 12 αρχείων (4 αυτοκίνητα, 3 οδηγοί (επιλεγμένοι βάση εμπειρίας) για κάθε μία από τις 2 διευθύνσεις του δρόμου (A->B και B->A).



Γράφημα 4.c.ii.1: Διάγραμμα ταχυτήτων στην διεύθυνση A->B (Άπειροι)



Γράφημα 4.c.ii.2: Διάγραμμα ταχυτήτων στην διεύθυνση A->B (Εμπειροι)



Γράφημα 4.c.ii.3: Διάγραμμα ταχυτήτων στην διεύθυνση B->A (Άπειροι)



Γράφημα 4.c.ii.4: Διάγραμμα ταχυτήτων στην διεύθυνση B->A (Έμπειροι)

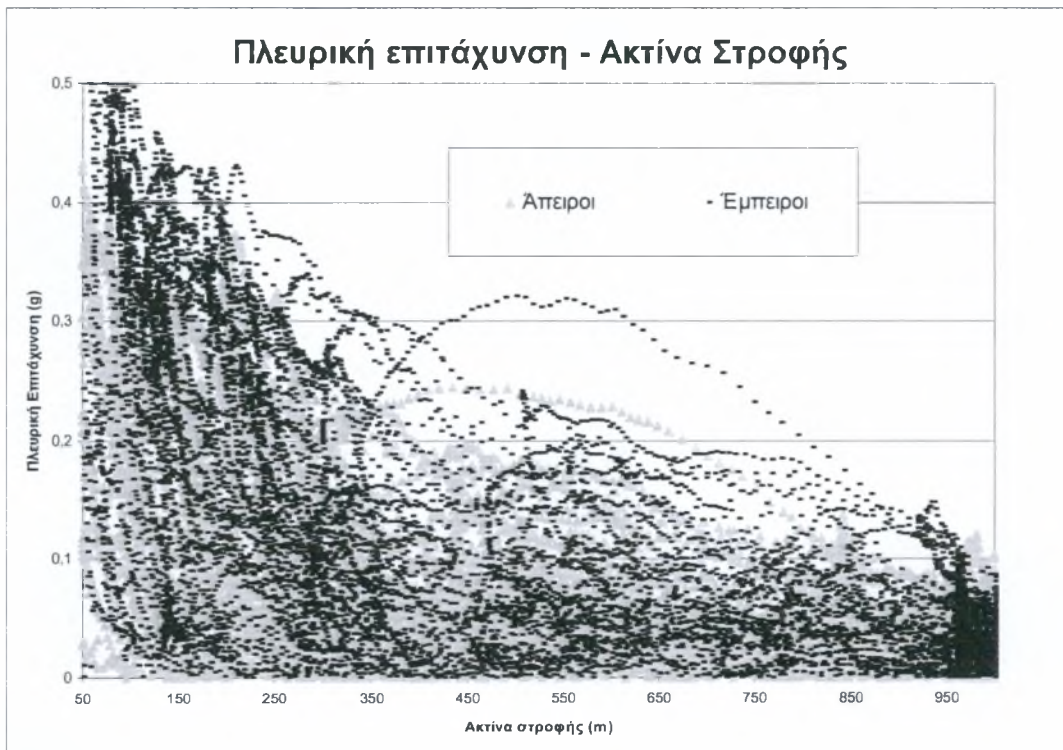
Στο γράφημα 4.c.i.1 μέχρι το 4.c.i.4 παρατηρούμε τα εξής:

- ❖ Η διαφορά στις ταχύτητες των διελεύσεων παρατηρείται επί το πλείστον στους άπειρους οδηγούς στην φορά A
- ❖ Παρά την γενική τάση όλων των οδηγών να διέρχονται από τα ίδια σημεία με μεγαλύτερη ταχύτητα κατά τη δεύτερη διέλευση οι άπειροι οδηγοί τη δεύτερη διέλευση είναι πιο συντηρητικοί από πρώτη διέλευση.
- ❖ Τα σημεία στα οποία έχουμε διαφοροποίηση της ταχύτητας για τους έμπειρους από την πρώτη στη δεύτερη διέλευση είναι οι δύο ευθείες (όπου η πρώτη διέλευση μοιάζει να είναι αναγνωριστική του δρόμου)
- ❖ Στους άπειρους οι διαφορές είναι διάσπαρτες καθ' όλη τη διάρκεια της απόστασης κατά την B φορά.
- ❖ Δεδομένου ότι ουσιαστικά η πρώτη διέλευση κατά τη B φορά είναι η δεύτερη διαδρομή με το αυτοκίνητο και η δεύτερη διέλευση κατά την ίδια φορά είναι η τέταρτη διαδρομή με το αυτοκίνητο (Δηλαδή οι μετρήσεις εκτελούνται με τη σειρά 1η διέλευση A->B, 1η διέλευση B->A, 2η διέλευση A->B, 2η διέλευση B->A,) φτάνουμε στο συμπέρασμα ότι για τη διαφοροποίηση στις ταχύτητες οφείλεται ο παράγοντας αυτοκίνητο ιδιαίτερα στους άπειρους οδηγούς. Ας μη ξεχνάμε ότι ο κάθε οδηγός έκανε 16 φορές τη διαδρομή συνολικά.

4.d Συσχέτιση ακτίνας στροφής και πλευρικής επιτάχυνσης

4.d.i) Βάση εμπειρίας οδηγού

Έχοντας δεδομένα για τη μέση συμπεριφορά των έμπειρων και των άπειρων (3 οδηγοί, 2 διελεύσεις, 2 διευθύνσεις, 4 αυτοκίνητα σύνολο 48 αρχεία για κάθε περίπτωση) κάνουμε γράφημα στο οποίο συσχετίζουμε ακτίνες στροφής με πλευρικές επιταχύνσεις. Και παίρνουμε το παρακάτω νέφος σημείων:



Γράφημα 4.d.i.1: Διάγραμμα πλευρικών επιταχύνσεων – ακτίνας στροφής.

Επειδή όμως το νέφος σημείων δεν μπορεί να μας δώσει πάντα σωστή εικόνα για τα αποτελέσματα των μετρήσεων δημιουργούμε ένα γράφημα από το κέντρο βάρους των σημείων.



Γράφημα 4.d.i.2: Διάγραμμα πλευρικών επιταχύνσεων – ακτίνας στροφής.

Στο γράφημα 4.d.i.2 παρατηρούμε τα εξής:

- ❖ Όσο μικραίνει η ακτίνα στροφής τόσο ανεβαίνει η πλευρική επιτάχυνση μιας και οι ταχύτητες είναι σημαντικά μικρότερες (ας θυμηθούμε τον τύπο της φυσικής που μας δίνει την κεντρομόλο δύναμη) και ως εκ τούτου οι οδηγοί νιώθουν περισσότερη άνεση στο να πιέσουν το αυτοκίνητο.
- ❖ Παρατηρούμε τις διαφορές μεταξύ έμπειρων και άπειρων οι οποίες είναι πάνω κάτω στην ίδια τάξη μεγέθους (15% περίπου) για όλες τις ακτίνες στροφής.

4.d.ii) Βάση οχήματος.

Με δεδομένα για τη μέση συμπεριφορά όλων των οδηγών στο εκάστοτε όχημα (6 οδηγοί, 2 διελεύσεις, 2 διευθύνσεις, 24 αρχεία για κάθε όχημα) κάνουμε γράφημα στο οποίο συσχετίζουμε ακτίνες στροφής με πλευρικές επιταχύνσεις. Παραλείπουμε το στάδιο του νέφους σημείων το οποίο με 4 σειρές δεδομένων δεν μπορεί να μας δώσει κάποια χρήσιμη εικόνα και πάμε κατευθείαν στο δεύτερο βήμα.



Γράφημα 4.d.ii.1: Διάγραμμα πλευρικών επιταχύνσεων – ακτίνας στροφής.

Στο γράφημα 4.d.ii.1 παρατηρούμε τα εξής:

- ❖ Στις μικρές ακτίνες στροφής λόγω των χαμηλών ταχυτήτων όλα τα οχήματα έχουν παραπλήσιες πλευρικές επιταχύνσεις.
- ❖ Στις μεγαλύτερες ακτίνες στροφής όπου οι ταχύτητες γίνονται μεγαλύτερες και το αίσθημα της ανασφάλειας μεγαλώνει φαίνονται οι διαφορές στην συμπεριφορά των οδηγών: Τα αυτοκίνητα με χαμηλό κέντρο βάρους και σφιχτή ανάρτηση έχουν μεγαλύτερες πλευρικές επιταχύνσεις οι οποίες ξεκινούν από το +50% (500 μέχρι 850 μέτρα) φτάνουν μέχρι το +120% (μετά τα 850 μέτρα) για τις πολύ μεγάλες ακτίνες στροφής σε σχέση με το εκτός δρόμου όχημα.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000101128

